



TUGAS AKHIR - RE 141581

**PERANCANGAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) PABRIK
KERTAS HALUS PT.X SIDOARJO**

MOHAMMAD ROSIDI

3313100057

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Mohammad Razif, M.M.

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN

Fakultas Teknik Sipil dan Perancangan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2017



TUGAS AKHIR - RE 141581

**DESIGN OF PAPER MILLS WASTEWATER TREATMENT PLANT FOR
PT.X SIDOARJO**

MOHAMMAD ROSIDI

3313100057

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Mohammad Razif, M.M.

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN

Fakultas Teknik Sipil dan Perancangan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2017

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) PABRIK KERTAS HALUS PT.X SIDOARJO

TUGAS AKHIR

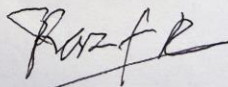
Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

MOHAMMAD ROSIDI

NRP. 3313 100 057

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



Dr. Ir. Mohammad Razif, M.M.

NIP. 19530502 198103 1 004



Halaman Sengaja Dikosongkan

PERANCANGAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) PABRIK KERTAS HALUS PT.X SIDOARJO

Nama Mahasiswa : Mohammad Rosidi
NRP : 3313100057
Jurusan : Teknik Lingkungan FTSP ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Mohammad Razif, MM.
NIP : 19530502 198103 1 004

ABSTRAK

Industri kertas merupakan kegiatan yang dapat menimbulkan dampak besar terhadap kualitas sumber daya alam. Banyaknya jumlah air yang digunakan berdampak pada produksi limbah cair yang dihasilkan. Limbah cair yang tidak terolah dapat menyebabkan pencemaran baik pada badan air maupun tanah sehingga diperlukan proses pengolahan pada limbah tersebut. Hal ini disebabkan karena kandungan senyawa organik dan sejumlah senyawa ekstraktif yang dihasilkan dari proses produksi.

PT.X merupakan pabrik kertas yang belum memiliki instalasi pengolahan limbah (IPAL) untuk menangani limbah yang dihasilkan. Untuk mencegah terjadinya pencemaran diperlukan perancangan terhadap IPAL yang sesuai untuk mengolah limbah cair industri kertas. Dalam perancangan IPAL yang akan digunakan pertimbangan kemudahan operasional dan perawatan, penggunaan lahan serta memiliki efisiensi yang tinggi perlu diperhatikan. Sehingga dalam pengoperasiannya dapat berjalan dengan baik.

Dalam perancangan ini mengambil studi kasus kegiatan produksi kertas halus PT.X yang berada di Sidoarjo. Terdapat dua alternatif yang digunakan dalam perancangan ini yaitu ABR-ABF dan pengolahan dengan lumpur aktif. Dalam perancangan ini diharapkan luaran berupa desain IPAL beserta rencana anggaran biaya pembuatan IPAL tiap satu unit serta perbandingan diantara kedua alternatif perancangan.

Berdasarkan hasil analisa diperoleh desain alternatif IPAL dengan menggunakan ABR-ABF lebih unggul dalam aspek kebutuhan lahan dan biaya konstruksi. Namun pada aspek kemampuan pengolahan limbah, biaya operasi dan perawatan tidak berbeda secara signifikan dengan alternatif IPAL menggunakan tangka aerasi.

Kata kunci: *ABR-ABF, ipal, kertas, limbah cair, lumpur aktif*

DESIGN OF PAPER MILLS WASTEWATER TREATMENT PLANT FOR PT.X SIDOARJO

Name of Student : Mohammad Rosidi
NRP : 3313100057
Study Programme : Teknik Lingkungan FTSP ITS
Supervisor : Dr. Ir. Mohammad Razif, MM.

NIP : 19530502 198103 1 004

ABSTRACT

The paper industry is an activity that can have a big impact on the quality of natural resources. A large number of water used also affects the production of wastewater. Untreated wastewater cause contamination of either the soil or water bodies so that the necessary processing on the waste. It disebabkan because the content of organic compounds and a number of extractive compounds resulting from the production process.

PT.X a paper mill does not have waste water treatment plant (WWTP) to handle the waste generated. To prevent pollution, WWTP is necessary to design appropriate to treat wastewater generated . In designing the WWTP will be used consideration of ease of operation and maintenance, land use and has a high efficiency need to be considered. So that the operation can be run well.

The place of this case study PT.X paper production activities are located in Sidoarjo. There are two alternatives that are used in this design are ABR-ABF and treatment with activated sludge. In this scheme the expected outcomes in the form of the WWTP design along with the budget plan WWTP manufacture each unit as well as a comparison between the two alternative designs.

Based on analyse in wastewater treatment using ABR-ABF is better than using Aeration Tank in some aspect like need of space and budget. But in operation and maintenace is not difference significantly.

Keyword: *ABR-ABF, wastewater treatment plant, paper, wastewater, activated sludge*

Halaman sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat, Taufik dan Hidayah-Nya sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan tepat waktu.

Tugas akhir ini mengambil judul “Perancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Pabrik Kertas Halus PT.X Sidoarjo”. Dalam penulisan ini, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Dr. Ir. Mohammad Razif, MM., selaku dosen pembimbing yang senantiasa membimbing dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, MSc., Ir. Mas Agus Mardyanto, ME., PhD. Dan Alfian Purnomo ST., MT. selaku penguji yang telah memberikan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Bieby Voijant Tangahu ST., MT., PhD. Selaku dosen wali yang telah memberikan bimbingan selama masa perkuliahan.
4. Sahabat-sahabat yang selalu mendukung: Awsi, Agung, Ella, Bimo, dan teman-teman angkatan 2013.

Penulis juga mengucapkan terimakasih secara khusus kepada orangtua serta keluarga yang selalu memberikan doa dan dukungan dan segala hal yang tidak akan dapat penulis sampaikan dengan kata-kata.

Penyusunan tugas akhir ini sudah dilakukan dengan semaksimal mungkin, namun tentu masih terdapat salah dan kurang, untuk itu kritik dan saran sangat penulis harapkan terima kasih.

Surabaya, 23 Januari 2017

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB 1_PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
BAB 2_TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Gambaran Umum Industri Kertas	5
2.2 Karakteristik Limbah Cair Industri Kertas	5
2.3 Proses Pengolahan Limbah Cair Industri Kertas	7
2.4 Pengolahan Tahap Pertama	9
2.5 Pengolahan Tahap Kedua	15
2.6 Pengolahan Tahap Ketiga	34
2.7 Perancangan Terdahulu	36
BAB 3_METODE PERANCANGAN.....	41
3.1 Kerangka Perancangan	41
3.2 Ide Perancangan	44
3.3 Tinjauan Pustaka	45
3.4 Pengumpulan Data	45
3.5 Penelitian Pendahuluan.....	50

3.6 Pengolahan Data	51
3.7 Kesimpulan	56
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	57
4.1 Gambaran Umum Industri Kertas Halus.....	57
4.2 Debit dan Kualitas Air Limbah.....	58
4.3 Alternatif Perancangan.....	59
4.4 Desain Unit IPAL	65
4.5 Perhitungan Bill of Quantity (BOQ) dan Rencana anggaran biaya (RAB).....	137
4.6 Pebandingan Kelebihan dan Kekurangan Unit IPAL	207
BAB 5 PENUTUP	213
5.1 Kesimpulan	213
5.2 Saran.....	213
DAFTAR PUSTAKA.....	215
LAMPIRAN.....	219
Lampiran A: Hasil Analisa Kualitas	219
Lampiran B: Hasil Penelitian Pendahuluan	221
Lampiran C: Pergub Jatim No.72 Tahun 2013	223
Lampiran D: HSPK Kota Surabaya Tahun 2015.....	225
Lampiran E: Filter Press	229
Lampiran F: Pompa	231
Lampiran G: Dossing Pump.....	241
Lampiran H: Bahan Kimia Poly Aluminium Chloride	243
Lampiran I: Bahan Kimia Magnesium Oxyde	245
BIODATA PENULIS	247

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Limbah Industri Kertas	8
Tabel 2.2 Kriteria Desain Pengolahan Secara Fisik	10
Tabel 2.3 Kriteria Desain Pengolahan Dengan Lumpur Aktif	17
Tabel 4.1 Hasil Analisa Laboratorium Kualitas Air Limbah PT.X	59
Tabel 4.2 Kelebihan dan Kekurangan ABR-ABF dan Lumpur Aktif	63
Tabel 4.3 Fluktuasi Debit Air Limbah PT.X.....	77
Tabel 4.4 Perhitungan Volume Bak Ekualisasi	79
Tabel 4.6 Harga Satuan Pekerjaan Unit IPAL.....	138
Tabel 4.7 Rencana Anggaran Biaya IPAL Alternatif 1	150
Tabel 4.8 Rencana Anggaran Biaya IPAL Alternatif 2	152
Tabel 4.9 Rencana Anggaran Biaya Kegiatan Pengoperasian IPAL Alternatif 1	154
Tabel 4.10 Rencana Anggaran Biaya Kegiatan Perawatan IPAL Alternatif 1	156
Tabel 4.10 Rencana Anggaran Biaya Kegiatan Pengoperasian IPAL Alternatif 2	158
Tabel 4.11 Rencana Anggaran Biaya Kegiatan Perawatan IPAL Alternatif 2.....	159
Tabel 4.13 Perbandingan Kebutuhan Lahan masing-masing alternatif	207
Tabel 4.14 Perbandingan Efisiensi Pengolahan masing-masing alternatif	208
Tabel 4.15 Perbandingan RAB konstruksi masing-masing alternatif	210
Tabel 4.16 Perbandingan Efisiensi Pengolahan masing-masing alternatif	211
Tabel 4.17 Ringkasan Perbandingan IPAL Tiap Alternatif	212

Halaman sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.2 Skema Pengolahan Limbah Industri kertas	7
Gambar 2.3 Potongan melintang bak sedimentasi circular ...	9
Gambar 2.5 Bak Aerasi	16
Gambar 2.6 Anaerobic baffled reactor (ABR)	20
Gambar 2.7 Anaerobic Biofilter	22
Gambar 2.8 Grafik Hubungan Penyisihan COD dengan Td 24	
Gambar 2.9 Hubungan Penyisihan COD dengan BOD yang Tersisihkan	24
Gambar 2.10 Grafik Hubungan Reduksi Volume Berdasarkan Waktu Simpan	25
Gambar 2.11 Grafik Faktor Penyisihan BOD Terhadap <i>Organic Overloading</i>	26
Gambar 2.12 Grafik Faktor Penyisihan BOD Terhadap Konsentrasi BOD	27
Gambar 2.13 Grafik Faktor Penyisihan BOD Terhadap Temperatur	27
Gambar 2.14 Grafik Faktor Penyisihan BOD Terhadap Jumlah Kompartemen	28
Gambar 2.15 Grafik Faktor Penyisihan BOD Terhadap HRT	28
Gambar 2.16 Grafik Faktor Penyisihan COD Berdasarkan Penyisihan BOD	29
Gambar 2.17 Grafik Penyisihan TSS dan BOD Terhadap Waktu Pengendapan	29

Gambar 2.18 Grafik Faktor Penyisihan COD Berdasarkan HRT.....	31
Gambar 2.19 Grafik Faktor Penyisihan COD Berdasarkan Temperatur.....	31
Gambar 2.20 Grafik Faktor Penyisihan COD Berdasarkan Influent.....	32
Gambar 2.21 Grafik Faktor Penyisihan COD Berdasarkan Permukaan Spesifik filter.....	32
Gambar 2.22 Activated carbon filter.....	35
Gambar 2.23 Grafik Breakthrough	35
Gambar 3.1 Tahapan Perancangan.....	44
Gambar 4.1 Tampak Depan Industri Kertas Halus PT.X ...	57
Gambar 4.5 Zona pada Unit Prasedimentasi.....	66
Gambar 4.4 Sketsa Denah Bak Transisi	68
Gambar 4.5 Sketsa Denah Bak Pintu Air.....	71
Gambar 4.6 Sketsa Penampang Ruang Lumpur	72
Gambar 4.3 Sketsa Weir Prasedimentasi	75
Gambar 4.8 Sketsa Potongan Bak Ekualisasi	77
Gambar 4.9 Grafik Penentuan Volume Bak Ekualisasi.....	80
Gambar 4.10 Sketsa Pengadukan Cepat dengan Terjunan .	84
Gambar 4.11 Sketsa Potongan <i>Hydraulic Jet Flocculator</i> ...	85
Gambar 4.12 Sketsa Potongan ABR-ABF	100
Gambar 4.13 Faktor Penyisihan BOD Terhadap <i>Organic Overloading</i> pada ABR Rencana	103

Gambar 4.14 Grafik Faktor Penyisihan BOD Terhadap Konsentrasi BOD pada ABR Rencana.....	103
Gambar 4.15 Grafik Faktor Penyisihan BOD Terhadap Temperatur pada ABR Rencana.....	104
Gambar 4.16 Grafik Faktor Penyisihan BOD Terhadap Jumlah Kompartemen pada ABR Rencana	104
Gambar 4.17 Grafik Faktor Penyisihan BOD Terhadap HRT pada ABR Rencana	105
Gambar 4.18 Grafik Faktor Penyisihan COD Berdasarkan Penyisihan BOD.....	105
Gambar 4.19 Grafik Penyisihan TSS dan BOD Terhadap Waktu Pengendapan Pada ABR Rencana	106
Gambar 4.20 Faktor Penyisihan COD Berdasarkan HRT.	108
Gambar 4.21 Faktor Penyisihan COD Berdasarkan Temperatur pada ABF Rencana	108
Gambar 4.22 Faktor Penyisihan COD Berdasarkan influent pada ABF Rencana	109
Gambar 4.23 Faktor Penyisihan COD Berdasarkan permukaan filter	109
Gambar 4.24 Keseimbangan Massa Alternatif 1	161
Gambar 4.25 Keseimbangan Massa Alternatif 2	162
Gambar 4.2 Lokasi Pembangunan IPAL.....	163
Gambar 4.26 Layout IPAL Alternatif 1	165
Gambar 4.27 Layout IPAL Alternatif 2	167
Gambar 4.28 Denah Prasedimentasi	169
Gambar 4.29 Potongan Prasedimentasi.....	171

Gambar 4.30 Denah Bak Ekualisasi	173
Gambar 4.31 Potongan Bak Ekualisasi.....	175
Gambar 4.32 Denah Pengaduk Cepat-Pengaduk lambat-Sedimentasi.....	177
Gambar 4.33 Potongan Memanjang Pengaduk Cepat-Pengaduk lambat-Sedimentasi	179
Gambar 4.34 Potongan Melintang Pengaduk Cepat-Pengaduk lambat-Sedimentasi	181
Gambar 4.35 Denah dan Potongan Pembubuh PAC	183
Gambar 4.36 Denah dan Potongan Pembubuh MgO	185
Gambar 4.37 Denah Filter Arang Aktif	187
Gambar 4.38 Potongan Filter Arang Aktif	189
Gambar 4.39 Denah ABR-ABF.....	191
Gambar 4.40 Potongan Memanjang ABR-ABF	193
Gambar 4.41 Potongan Melintang ABR-ABF	195
Gambar 4.42 Denah Tangki Aerasi dan Sedimentasi	197
Gambar 4.43 Potongan Memanjang Tangki Aerasi dan Sedimentasi.....	199
Gambar 4.43 Potongan Melintang Tangki Aerasi dan Sedimentasi.....	201
Gambar 4.44 Profil Hidrolis Alternatif 1	203
Gambar 4.45 Profil Hidrolis Alternatif 2.....	205
Gambar 4.46 Grafik Perbandingan Kebutuhan Lahan Alternatif IPAL	207
Gambar 4.47 Grafik Perbandingan Efisiensi Pengolahan Alternatif IPAL	209

Gambar 4.48 Grafik Perbandingan RAB Konstruksi Alternatif IPAL	210
Gambar 4.48 Grafik Perbandingan RAB Konstruksi dan Perawatan Alternatif IPAL.....	211

Halaman sengaja dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri kertas merupakan kegiatan yang dapat menimbulkan dampak besar terhadap kualitas sumber daya alam. Dalam proses produksinya air merupakan komponen yang memegang peranan penting karena setiap tahapan serta proses dalam produksi kertas menggunakan air (Welasih, 2008). Banyaknya jumlah air yang digunakan juga berdampak pada produksi limbah cair yang dihasilkan. Limbah cair yang tidak terolah dapat menyebabkan pencemaran baik pada badan air maupun tanah sehingga diperlukan proses pengolahan pada limbah tersebut.

PT.X merupakan industri kertas yang berlokasi di Sidoarjo Jawa Timur. PT.X memproduksi dua jenis kertas yang termasuk dalam kategori kertas halus yaitu *fancy paper* dan *buffalo paper*. Dalam proses produksinya PT.X memperoleh bahan baku kertas berupa pulp yang didatangkan dari Republik Rakyat China. Namun, dalam proses akhir produksinya PT.X belum memiliki instalasi pengolahan air limbah (IPAL) sehingga berpotensi mencemari lingkungan.

Pengolahan limbah cair dapat dilakukan secara fisik-kimia maupun secara biologis. Secara fisik-kimia teknologi atau alternatif pengolahan yang digunakan diantaranya adalah proses sedimentasi, koagulasi-flokulasi, oksidasi kimia dll (Pokhrel & Viraraghavan, 2004). Secara proses biologi adapun alternatif yang dapat digunakan dapat berupa degradasi menggunakan bakteri dengan proses aerob maupun anaerobik. Disisi lain pengolahan biologis yang dapat diterapkan adalah dengan degradasi menggunakan fungi (Kamali, 2015).

Dalam proses pemilihan alternatif pengolahan perlu dipertimbangkan baik dari segi kemampuan suatu proses dalam meremoval polutan, kemampuan finansial maupun dari segi kemudahan operasi dan perawatan. Salah satu alternatif pengolahan yang banyak digunakan adalah proses degradasi

anaerobik. Proses anaerobik memiliki kelebihan biaya operasi dan perawatan yang murah, lumpur yang terbentuk sedikit, serta memiliki efisiensi pengolahan zat organik yang tinggi. Disisi lain proses anaerobik memiliki kekurangan removal nutien yang kecil sehingga diperlukan proses lain untuk mengolah nutrien (Lettinga, 1995).

Alternatif pengolahan yang dapat digunakan dalam mengolah limbah cair pabrik kertas yang lain adalah dengan proses fisik-kimia. Proses ozonasi, adsorpsi, dan teknologi membran banyak digunakan untuk mengolah limbah cair setelah proses *secondary treatment* namun teknologi ini lebih mahal. teknologi lain yang sering digunakan adalah proses koagulasi-flokulasi yang dilanjutkan dengan proses sedimentasi untuk menghilangkan zat organik serta kandungan padatan terlarut dalam limbah cair. Disisi lain proses tersebut memiliki kekurangan yaitu terbentuknya lumpur yang banyak dan belum terolah sehingga diperlukan pengolahan lanjutan. Sehingga diperlukan adanya studi mengenai alternatif pengolahan yang sesuai untuk diterapkan dalam mengolah limbah cair industri kertas (Pokhrel & Viraraghavan, 2004).

Perancangan ini bertujuan untuk menganalisa alternatif pengolahan yang sesuai bagi limbah cair industri kertas PT. X di Sidoarjo. Adapun aspek yang dikaji adalah aspek teknis berkaitan dengan penentuan alternatif pengolahan limbah cair serta aspek finansial berkaitan dengan analisa Bill of Quantity (BOQ) dan Rencana Anggaran dan Biaya (RAB).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan Masalah dari perancangan ini adalah:

1. Bagaimana pengolahan yang tepat untuk air limbah industri kertas PT.X?
2. Berapa biaya yang diperlukan untuk membangun fasilitas pengolahan air limbah di industri kertas PT.X

1.3 Tujuan

Tujuan perancangan ini adalah:

1. Merencanakan dua alternatif Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) industri kertas PT. X
2. Menghitung nilai *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rekapitulasi Anggaran Biaya (RAB)

1.4 Manfaat

Manfaat dari perancangan ini adalah terbentuknya desain pengolahan limbah yang sesuai karakteristik air limbah industri kertas PT.X.

1.5 Ruang Lingkup

Batasan dalam perancangan ini adalah :

1. Perancangan dilakukan di pabrik kertas PT.X Sidoarjo.
2. Perancangan dilakukan dari bulan September sampai dengan November.
3. Aspek yang dikaji adalah aspek teknis dan aspek finansial.
4. Jenis data yang digunakan adalah data primer dan data sekunder.
5. Baku mutu effluen IPAL yang direncanakan mengacu pada Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72/tahun 2013.
6. Detail perancangan adalah seluruh IPAL.
7. Perhitungan rencana anggaran biaya (RAB) mengacu pada HSPK Kota Sidoarjo tahun 2015.
8. Gambar teknis meliputi:
 - a. Layout IPAL.
 - b. Denah unit pengolahan.
 - c. Potongan memanjang dan melintang unit pengolahan
 - d. Profil hidrolis.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum Industri Kertas

Industri kertas merupakan salah satu industri yang menyumbangkan polusi terbesar di dunia (Thompson *et al.*, 2001; Sumanthi *et al.*, 2006). Hal ini disebabkan karena pada keseluruhan proses pembuatan kertas menggunakan energi dan air dalam jumlah besar dalam produksinya (Pokhrel & Viraraghavan, 2004). Konsumsi air dalam proses produksi kertas berubah berdasarkan proses produksi dimana diperlukan sekitar 60 m³/ton air untuk memproduksi kertas (Thompson *et al.*, 2001).

Proses pewarnaan kertas merupakan salah satu proses yang menghasilkan polutan pencemar yang tinggi (Monica *et al.*, 2009). Hal ini disebabkan karena pewarna yang digunakan merupakan organik rantai panjang serta terdapat penambahan zat aditif tertentu dalam prosesnya (Monica *et al.*, 2009).

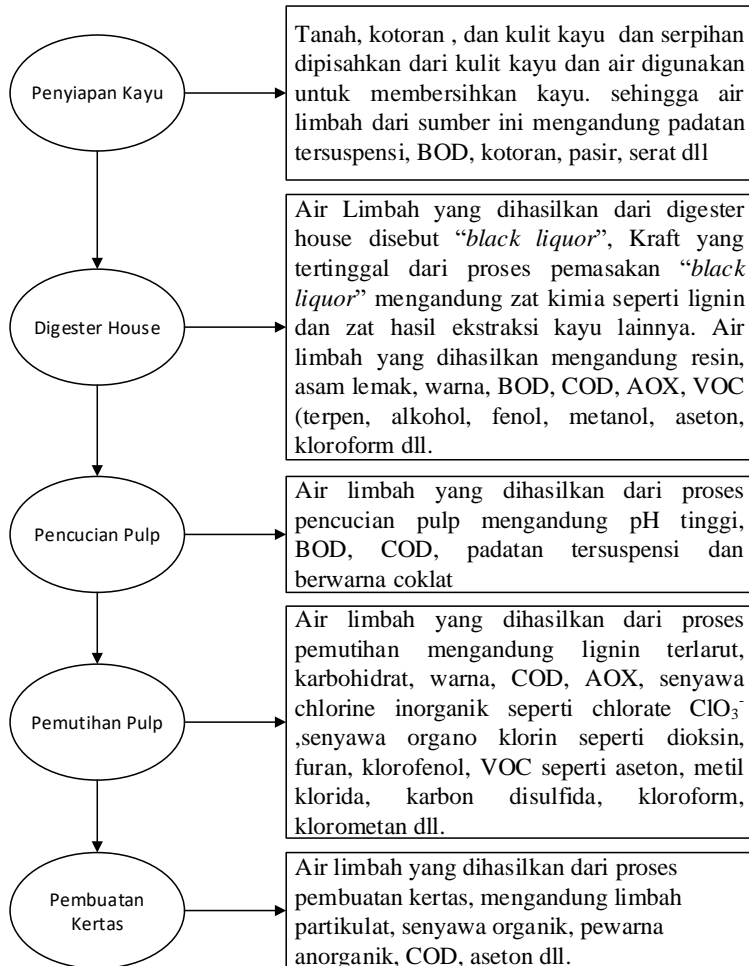
Pewarna dalam proses pembuatan kertas terdiri atas *acid dyes*, *basic dyes*, *direct dyes* dan *dispersed dyes* (Monica *et al.*, 2009). Dalam prosesnya sering kali ditambahkan tepung yang mengakibatkan kadar padatan terlarut dalam limbah cair kertas meningkat.

2.2 Karakteristik Limbah Cair Industri Kertas

Karakteristik limbah yang dihasilkan dan kekuatan limbah berubah tergantung pada jenis proses pengolahan, jenis kayu yang digunakan, teknologi yang diterapkan, serta jumlah air yang digunakan pada proses produksi kertas. Limbah cair yang dihasilkan pada umumnya terdiri atas berbagai macam senyawa organik seperti lignin dan derivatnya, produk degradasi karbohidrat dan sejumlah senyawa ekstraktif (Dahlan, 2011).

Proses produksi kertas khususnya proses pewarnaan kertas memiliki karakteristik limbah dengan karakteristik

BOD,COD dan TSS yang tinggi. Limbah dari berbagai proses produksi kertas disajikan Gambar 2.1.

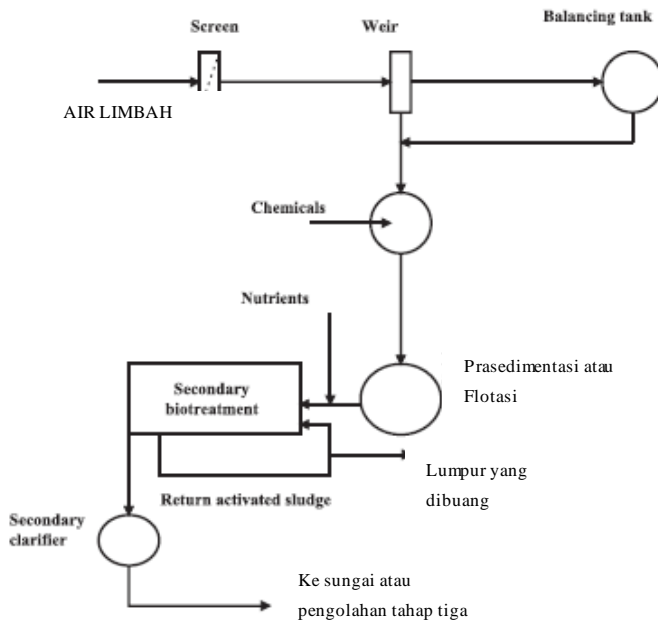


Gambar 2.1 Polutan yang dihasilkan dari berbagai sumber pada proses produksi kertas

Sumber: US EPA, 1995

2.3 Proses Pengolahan Limbah Cair Industri Kertas

Pengolahan limbah cair yang dihasilkan oleh suatu proses industri untuk menurunkan kadar polutan yang ada pada limbah sehingga aman bagi lingkungan (Asmadi & Suharno, 2012). Proses utama dalam pengolahan limbah cair terdiri atas pengolahan tahap pertama, tahap kedua dan tahap ketiga atau lanjutan (Thompson *et al.*, 2001). Adapun skema pengolahan limbah cair industri kertas disajikan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Skema Pengolahan Limbah Industri kertas

Sumber: Thompson, 2001

Pengolahan yang dilakukan bertujuan agar limbah yang akan dibuang aman bagi lingkungan serta memenuhi

baku mutu yang berlaku. Baku mutu untuk industri kertas sesuai dengan Peraturan Gubernur Jatim Nomor 72 Tahun 2013 tentang baku mutu air limbah industri dan/atau kegiatan usaha lainnya.

Tabel 2.1 Baku Mutu Limbah Industri Kertas

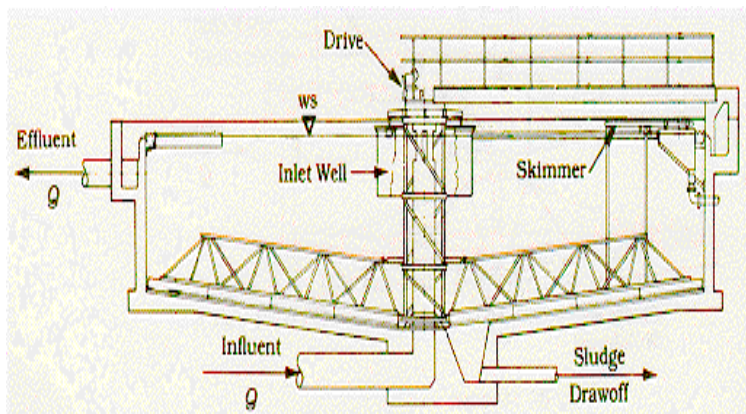
Jenis Produk Kertas	Volume Max (M3/ton)	Parameter			
		Kadar Maksimum (mg/L)			
		BOD ₅	COD	TSS	Pb ^{*)}
Kertas Halus	50	70	150	70	0,1
Kertas Kasar	40	70	150	70	-
Kertas Sigaret	80	30	70	35	-
Kertas Lain yang dikelantang	85	70	150	70	0,1
pH		6 - 9			

Catatan:

1. Kertas Halus berarti kertas halus yang dikelantang seperti kertas cetak dan kertas tulis.
2. Kertas Kasar berarti kertas kasar berwarna coklat seperti linerboard, kertas karton, kertas berwarna coklat atau karton.
3. Kertas lain berarti kertas yang dikelantang selain yang tercantum dalam golongan kertas halus seperti kertas koran.
4. Parameter Pb khusus untuk industri yang melakukan proses *deinking* dalam pembuatan pulp untuk memenuhi sebagian atau seluruh kebutuhan pulpnya.

2.4 Pengolahan Tahap Pertama

Pengolahan tahap pertama (*Primary Treatment*) bertujuan untuk memisahkan padatan dari air secara fisik (Metcalf dan Eddy, 2003). Pengolahan tahap pertama dapat dilakukan melalui dua metode utama yaitu dengan proses fisika maupun secara kimia. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Thompson *et al.*(1998) proses sedimentasi merupakan proses yang banyak dipakai di Inggris dengan efisiensi removal mencapai 80%. Hal yang sama juga dinyatakan oleh Rajvaid dan Markandey (1998) dimana sedimentasi memiliki efisiensi pengolahan sebesar 70 – 80%. Disisi lain Azeverdo *et al.* (1999) menyatakan bahwa proses pengendapan limbah pulp dipengaruhi pH dalam limbah.



Gambar 2.3 Potongan melintang bak sedimentasi circular

Sumber: Web.deu.edu, tanpa tahun

Sedimentasi merupakan proses pemisahan padatan seperti pasir, partikel besar, flok microbial maupun flok kimiawi. Efektivitas proses sedimentasi dalam memisahkan partikel padatan dipengaruhi oleh bilangan Reynold maupun bilangan Froude (Asmadi & Suharno, 2012). Bilangan Reynold untuk mencapai kondisi terbaik dalam proses sedimentasi adalah

<2000 atau dalam kondisi laminar. Sedangkan bilangan Froude untuk sedimentasi adalah $> 10^{-5}$. Selain itu efektivitas proses sedimentasi juga dapat ditingkatkan dengan penambahan *plate settler* (Metcalf & Eddy, 2003). Gambar bak sedimentasi dapat dilihat pada Gambar 2.3.

Tabel 2.2 Kriteria Desain Pengolahan Secara Fisik

No	Parameter	Simbol	Satuan	Besaran
A Sedimentasi				
1	Efisiensi penurunan SS		%	30 - 70
2	Efisiensi penurunan BOD		%	30 - 40
3	Waktu detensi	Td	Jam	1,5 - 2,5
4	Over flowrate	Vo	m ² /m ³ /hari	30 - 50
5	Beban Pelimpah			
	Untuk Qr 44 l/dt	Qr	m ² /m ³ /hari	124
	Untuk Qr > 44 l/dt	Qr	m ² /m ³ /hari	186
6	Rasio panjang : lebar		m	4:1 - 6:1
7	Kedalaman	d	m	3 - 4,5
8	Panjang	p	m	15 - 90
9	Lebar	l	m	3-24
10	Kemiringan dasar	S	%	1-2
11	Kecepatan inlet	v	m/dt	1
12	Kecepatan aliran	v	m/dt	0,3
B Clarifier				
1	Overflow rate	Vo	m ² /m ³ /hari	23 - 32
2	Weir loading		m ² /m ³ /hari	25 - 500

No	Parameter	Simbol	Satuan	Besaran
3	Kedalaman	h	m	3 - 5.
4	Diameter	ϕ	m	36 - 60
5	Slope dasar saluran	S	mm/m	60 - 160
6	Waktu detensi	td	jam	2 - 4.

Sumber: Asmadi & Suharno, 2012

Dalam mendesain bak sedimentasi perlu dipahami zona yang ada dalam bak sedimentasi. Keempat zona tersebut perlu dihitung secara terpisah agar proses pengendapan tidak terganggu.

Berikut disajikan langkah-langkah dalam menghitung bak sedimentasi:

1. Zona pengendapan

Langkah-langkah untuk menghitung zona pengendapan sebagai berikut:

- Menentukan jumlah bak yang akan digunakan.
- Menghitung Q tiap bak dengan menggunakan persamaan 2.1.

$$Q_{\text{bak}} = Q_p / \text{jumlah bak} \dots\dots\dots 2.1$$

Dimana: Q_{bak} = Debit tiap bak (m^3/detik)

$$Q_p = \text{Debit puncak/peak} (\text{m}^3/\text{detik})$$

c. Menghitung luas permukaan bak

$$A_s = Q_{\text{bak}} / \text{OFR} \dots\dots\dots 2.2$$

Dimana: A_s = Luas permukaan bak (m^2)

Q_{bak} = Debit tiap bak ($m^3/detik$)

OFR= *Overflow rate* ($m^3/m^2.hari$)

d. Menghitung volume dan kedalaman zona pengendapan

$$V = Q_p \times T_d \dots\dots\dots 2.3$$

$$H = V/A_s \dots\dots\dots 2.4$$

Dimana: V = Volume bak (m^3)

Q_p = Debit puncak ($m^3/detik$)

T_d = Waktu tinggal (detik)

A_s = Luas permukaan (m^2)

H = Kedalaman zona pengendapan (m)

e. Menghitung diameter partikel terkecil yang diendapkan

$$D = \left(\frac{18 \times V_{sxv}}{g \times (S_s - 1)} \right)^{0,5} \dots\dots\dots 2.5$$

Dimana: D = Diameter partikel terkecil yang diendapkan (m)

v = Viskositas kinematis (m^2/s)

V_s = Kecepatan pengendapan (m/s)

g = Percepatan gravitasi (m^2/s)

S_s = *Spesific gravity*

f. Kontrol penggerusan

$$V_{sc} = \left(\frac{8 \times k \times (S_s - 1) \times g \times d}{f} \right)^{0,5} \dots\dots\dots 2.6$$

Dimana: V_{sc} = Kecepatan *scouring* (m/s)

S_s = *Spesific gravity*

g = Percepatan gravitasi (m^2/s)

D = Diameter partikel terkecil yang diendapkan (m)

g. Kontrol bilangan Reynold dan Freud

$$N_{re} = \frac{V_h x R}{\nu} \dots\dots\dots 2.7$$

$$N_{fr} = \frac{V_h}{(g x R)^{0,5}} \dots\dots\dots 2.8$$

Dimana: N_{re} = Bilangan Reynold

N_{fr} = Bilangan Freud

V_h = Kecepatan horizontal (m/s)

R = Jari-jari hidrolis (m)

g = Percepatan gravitasi (m^2/s)

ν = Viskositas kinematis (m^2/s)

2. Zona inlet

a. Merencanakan pintu air

$$Q_{bak} = k \times u \times a \times b (2 \times g \times h)^{0,5} \dots\dots\dots 2.9$$

Dimana: Q_{bak} = Debit tiap bak (m^3/s)

a = Tinggi bukaan pintu air (m)

b = Lebar pintu air (m)

g = Percepatan gravitasi (m^2/s)

h = Tinggi muka air pada inlet (m)

b. Merencanakan *perforated baffle*

Langkah-langkah merencanakan *perforated baffle* sebagai berikut:

- 1) Menentukan dimensi lebar dan kedalaman baffle
- 2) Menentukan diameter lubang dan jumlah lubang yang diperlukan.

$$A' = Q_{bak} / (c \times v) \dots\dots\dots 2.10$$

$$n = A' / A_L \dots\dots\dots 2.11$$

Dimana: A' = Luas total lubang (m^2)

Q_{bak} = Debit tiap bak (m^3/s)

c = Koefisien konstanta lubang

v = Kecepatan melalui lubang (m/s)

n = Jumlah lubang

A_L = Luas permukaan tiap lubang (m^2)

- 3) Cek N_{re} dan N_{fr} menggunakan persamaan 2.7 dan 2.8.
3. Zona lumpur

Langkah-langkah perhitungan zona lumpur sebagai berikut :

- a. Menentukan produksi lumpur per hari
- b. Menghitung dimensi ruang lumpur
- c. Menghitung pipa penguras lumpur
4. Zona outlet

Langkah-langkah menghitung zona outlet sebagai berikut:

- a. Menentukan panjang total weir

$$L = Q_{\text{bak}} / \text{Weir loading} \dots\dots\dots 2.12$$

Dimana: L = Panjang total weir (m)

$$Q_{\text{bak}} = \text{Debit tiap bak (m}^3/\text{s)}$$

- b. Menghitung dimensi weir

$$Q_{\text{bak}} = 1,375 \times b \times h^{0,5} \dots\dots\dots 2.13$$

Dimana: b = lebar gutter (m)

$$h = \text{kedalaman gutter (m)}$$

2.5 Pengolahan Tahap Kedua

Pengolahan Tahap kedua (*Secondary treatment*) bertujuan untuk mengkoagulasi dan menghilangkan koloid serta menstabilkan zat organik dalam air limbah (Asmadi & Suharno, 2012). Proses pengolahan tahap kedua merupakan pengolahan secara biologis. Menurut Porkhel (2001) kolam aerobik, Proses lumpur aktif, pengolahan anaerobik dan *Sequential biological treatment* merupakan pengolahan yang umum diterapkan pada limbah kertas.

- a. Lumpur aktif

Proses lumpur aktif merupakan proses yang umum diterapkan untuk meremoval COD, BOD, SS dan AOX yang terdapat dalam limbah kertas. Saunamaki (1997) menyatakan bahwa 60 – 87% penyisihan COD dengan lumpur aktif. Disisi lain Hansen *et al.* (1999) dan Chandra (2001) menyatakan bahwa penyisihan BOD dan COD yang tinggi dapat dicapai melalui proses lumpur aktif dengan dua tahap.

Proses lumpur aktif secara prinsip merupakan proses aerobik dimana senyawa organik akan dioksidasi menjadi CO₂, H₂O, NH₄ dan sel biomassa baru. Untuk menciptakan suasana aerobik dilakukan dengan cara mengalirkan udara kedalam

reactor secara mekanik. System pengolahan air limbah tersuspensi yang digunakan secara luas adalah dengan sistem lumpur aktif (Asmadi & Suharno, 2012).



Gambar 2.5 Bak Aerasi

Sumber: PCS, tanpa tahun

Pengolahan lumpur aktif secara konvensional terdiri atas 3 tahap yaitu proses pengendapan awal, proses aerasi/degradasi dan proses pengendapan akhir. Untuk menjaga jumlah mikroorganisme pengurai, dalam proses lumpur aktif dilakukan proses resirkulasi lumpur dari bak pengendap akhir. Pada tahap akhir pengolahan sering kali dilakukan proses desinfeksi untuk membunuh bakteri pathogen

yang ada (Metcalf & Eddy, 2003). Adapun kriteria lumpur aktif disajikan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Kriteria Desain Pengolahan Dengan Lumpur Aktif

Jenis Proses	Beban BOD		MLSS (mg/L)	Qa/Q	T (jam)	Efisiensi Removal BOD (%)
	kg/kg	SS.kg/m ³ .d				
Lumpur Aktif Standar	0,2-0,4	0,3-0,8	1500-2000	3,0-7,0	6,0-8,0	85-95
Step Aeration	0,2-1,4	0,4-1,4	1000-1500	3,0-7,0	4,0-6,0	85-95
Modified Aeration	1,5-3,0	0,6-2,4	2000-8000	2,0-2,5	1,5-3,0	60-75
Contact Stabilizati	0,2	0,8-1,4	3000-6000	>=12	>=5	80-90
High Rate Aeration	0,2-0,4	0,6-2,4	3000-4000	5,0-8,0	2,0-3,0	75-90
Pure Oxidation Process	0,3-0,4	1,0-2,0	3000-4000	-	1,0-3,0	85-95
Oxidation Ditch	0,03-0,04	0,1-0,2	3000-4000	-	24-48	75-95
Extended Aeration	0,03-0,05	0,15-0,25	3000-6000	>=15	16-24	75-95

Sumber: Said,N.I, 1995

Catatan :

Q = Debit air limbah (m³/hari)

Qa = Laju Suplai Udara (m³/hari)

Langkah-langkah perhitungan unit tangki aerasi sebagai berikut:

1. Menentukan kesetimbangan massa dalam tangki aerasi.
2. Menentukan efisiensi pengolahan.

$$E = \frac{S_0 - S}{S_0} \times 100\% \dots\dots\dots 2.14$$

dimana : S_o = konsentrasi BOD mula-mula (mg/l)
 S = konsentrasi BOD setelah pengolahan (mg/l)

3. Menentukan volume reaktor

$$V = \frac{\theta_c * Q * Y * (S_o - S)}{X * (1 + k_d * \theta_c)} \dots\dots\dots 2.15$$

dimana: θ_c = main cell residence time (hari)
 Q = debit pengolahan (m^3 /hari)
 Y = growth yield coeficient (0,5)
 S_o = BOD air buanagn (mg/l)
 S = influent BOD yang lolos pengolahan (mg/l)
 X = MLVSS (3.500 mg/l)
 k_d = koefisien kinematis (0,06 / hr)

4. Menghitung produksi lumpur.

$$Y_{obs} = \frac{Y}{1 + k_d * \theta_c} \dots\dots\dots 2.16$$

Dimana: Y_{obs} = observed yield, g/g
 θ_c = main cell residence time, hari
 k_d = koefisien kinematis, hr^{-1}
 Y = growth yield coeficient, 0,5

5. Menentukan kebutuhan oksigen

$$\text{Kg.O}_2/\text{hr} = \frac{Q * (S_o - S)}{f} - 1,42(P_x) \dots\dots\dots 2.17$$

Dimana : Q = debit rata-rata (m³/hr)

f = Faktor konversi BOD₅ ke BOD₁

6. Menentukan volume udara
7. Kontrol F/M rasio dan *volumetric loadig factor*

$$F/M = S_o / \theta \times \dots\dots\dots 2.18$$

Dimana: S_o = BOD air baku (mg/l)

θ = waktu detensi (hari)

X = MLVSS (mg/l)

$$\text{Volumetric loading} = \frac{S_o * Q}{V} \dots\dots\dots 2.19$$

Dimana: S_o = BOD air baku

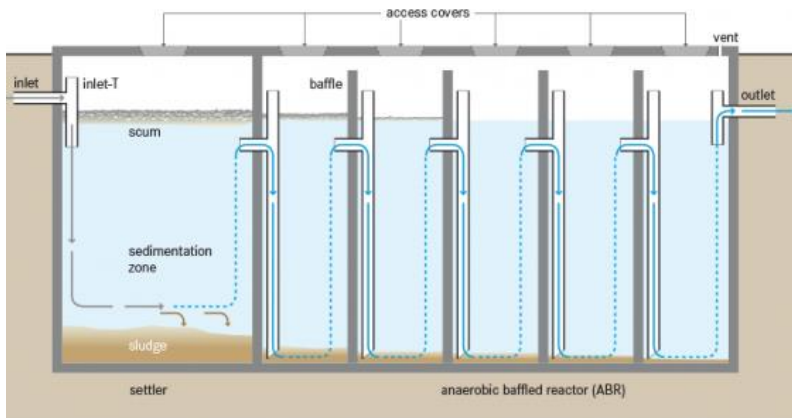
Q = debit (m³/detik)

V = volume tangka (m³)

8. Menetapkan kebutuhan aerator
- b. Pengolahan Anaerobik

Pengolahan anaerobik merupakan pengolahan yang sesuai untuk digunakan pada air limbah yang mengandung konsentrasi organik yang tinggi seperti limbah kertas (Ince *et al.*, 2007). Anaerobik mikroorganisme diketahui lebih efisien dalam mendegradasi senyawa organik terklorinasi dibandingkan mikroorganisme anaerobik (Lettinga, 1991).

Pengolahan anaerobik yang umum digunakan untuk mengolah limbah cair industri kertas adalah UASB (*Upflow Anaerobik Sludge Blanket*) dan biofilter. Hal ini disebabkan karena kedua reaktor tersebut memiliki tingkat efektivitas yang tinggi serta pengoperasian dan perawatannya yang mudah.



Gambar 2.6 Anaerobic baffled reactor (ABR)

Sumber: Tilley *et al.*, 2014

Salah satu modifikasi reaktor UASB adalah ABR (*Anaerobik Baffle Reactor*). ABR merupakan bentuk UASB yang dipotong. Hal tersebut dilakukan karena pada dasarnya UASB adalah bangunan yang tinggi sehingga jika konstruksi dilakukan secara tertanam maka akan menyulitkan jika dibangun dengan tenaga manual karena keterbatasan kemampuan gali. Sehingga dengan adanya ABR pembangunan reaktor yang dilakukan tidak memerlukan konstruksi yang dalam.

Menurut Asmadi & Suharno (2012) Kelebihan penggunaan ABR adalah :

1. Sederhana karena tanpa menggunakan bahan material khusus, tidak membutuhkan proses pemisahan gas, tidak membutuhkan pengadukan mekanik, dan gangguan yang mungkin ditimbulkan sedikit.
2. Memungkinkan SRT (*Sludge Retention Time*) yang lama dengan HLR (*Hydraulic Retention Time*) yang rendah.

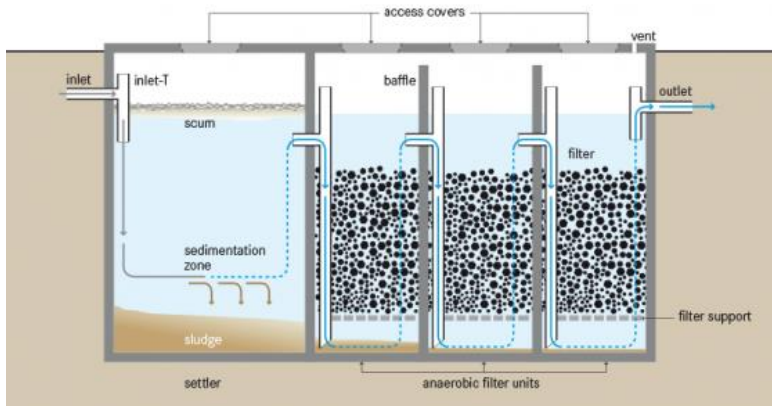
3. Tidak membutuhkan karakteristik biomassa yang khusus.
4. Dapat digunakan untuk mengolah berbagai macam jenis limbah
5. *Shock loading* yang stabil.

Kriteria Desain ABR

Kriteria desain ABR menurut Sasse (2009) sebagai berikut:

- a. SS/COD rasio = 0,42 (domestik : 0,32-0,55)
- b. Waktu tinggal hidrolis (HRT) = - < 8 jam
 - sebaiknya antara 12 – 14 jam untuk keseluruhan ABR
 - > 20 jam tidak dianjurkan
- c. rasio panjang : lebar = 0,4
- d. Jarak antar pipa = <30 cm
- e. Jumlah ruang = dianjurkan 5 (4-6 per beban BOD)
- f. Kedalaman outlet untuk sistem besar = dianjurkan 1,8 m (max 2,2 m)
- g. *Upflow velocity* = Sebaiknya 0,9 m/jam (max. 1,1 m/jam untuk sistem besar)
- h. Beban organik = <3 kg/m³.hari BOD

Pengolahan anaerobik lain yang memiliki efektivitas tinggi adalah biofilter. Berbeda dengan sistem UASB yang menggunakan pertumbuhan mikroorganisme tersuspensi, sistem biofilter menggunakan pertumbuhan mikroorganisme terlekat. Selain itu proses biofilter dapat dioperasikan secara anaerobik maupun secara aerobik dengan tambahan aerator.



Gambar 2.7 Anaerobic Biofilter

Sumber: Tilley *et al.*, 2014

Menurut Asmadi & Suharno (2012) Kelebihan penggunaan Biofilter adalah :

1. Pengoperasian mudah karena tidak diperlukan resirkulasi lumpur seperti proses lumpur aktif dan tidak memiliki masalah *bulking* seperti proses lumpur aktif
2. Lumpur yang dihasilkan lebih sedikit dibandingkan proses lumpur aktif. Hal ini disebabkan karena pada proses biofilm BOD yang dikonversi menjadi biomassa hanya sekiitar 10% dari total BOD yang teremoval.
3. Dapat digunakan untuk mengolah air limbah dengan konsentrasi rendah maupun konsentrasi tinggi.
4. Tahan terhadap fluktuasi jumlah air limbah maupun fluktuasi konsentrasi.
5. Pengaruh penurunan suhu terhadap efisiensi pengolahan kecil.

Kriteria desain ABF

Kriteria desain ABF menurut Sasse (2009) sebagai berikut:

- a. SS/COD rasio = 0,42 (domestik : 0,32-0,55)
- b. Waktu tinggal hidrolik (HRT) = - < 8 jam
 - sebaiknya antara 12 – 14 jam untuk keseluruhan ABR
 - > 20 jam tidak dianjurkan
- c. rasio panjang : lebar = 0,4
- d. Jarak anatar pipa = <30 cm
- e. Jumlah ruang = dianjurkan 5 (4-6 per beban BOD)
- f. Kedalaman outlet untuk sistem besar = dianjurkan 1,8 m (max 2,2 m)
- g. *Upflow velocity* = Sebaiknya 0,9 m/jam (max. 1,1 m/jam untuk sistem besar)
- h. Beban organik = <3 kg/m³.hari BOD

Pada perkembangan selanjutnya juga diterapkan sistem *hybrid* yaitu menjadikan ABR dan ABF (*anaerobic biofilter*) dalam satu reaktor ABR-ABF. Hal ini dilakukan untuk menciptakan dua tahap proses pengolahan biologis dimana ABF lebih efektif untuk mengolah konsentrasi organik yang kecil dibandingkan dengan dengan ABR.

Langkah-langkah menghitung unit ABR-ABF yang terintegrasi dengan tangki septik sebagai berikut:

1. Menghitung dimensi tangki septik
 - a. Menghitung volume berdasarkan Td yang telah ditentukan

$$V = Q \times T_d \dots\dots\dots 2.20$$

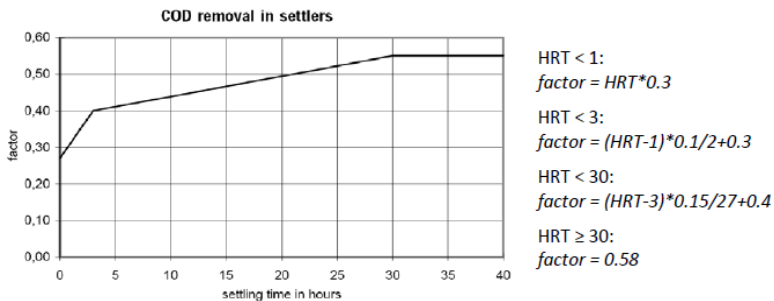
Dimana: V = Volume tangki (m³)

Q = Debit pengolahan (m³/s)

Td= Waktu tinggal (jam)

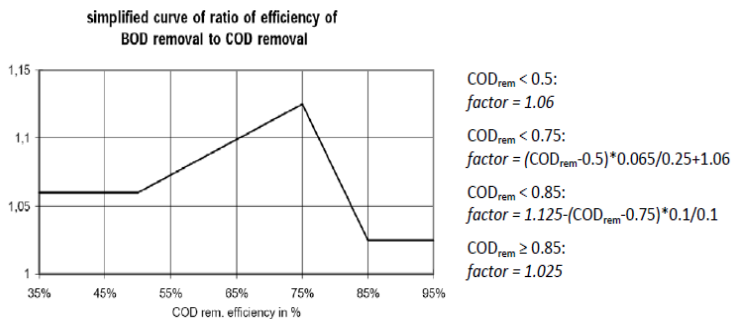
- b. Menentukan dimensi zona pengendapan
- c. Menghitung zona lumpur berdasarkan produksi lumpur dan waktu pengurasan.

Untuk menentukan jumlah COD yang tersisihkan dan menjadi lumpur berdasarkan Gambar 2.8 sampai Gambar 2.10.



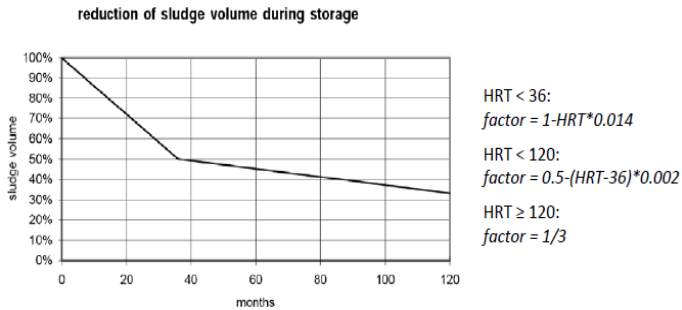
Gambar 2.8 Grafik Hubungan Penyisihan COD dengan Td

Sumber: Sasse, 2009



Gambar 2.9 Hubungan Penyisihan COD dengan BOD yang Tersisihkan

Sumber: Sasse, 2009



Gambar 2.10 Grafik Hubungan Reduksi Volume Berdasarkan Waktu Simpan

Sumber: Sasse, 2009

Dimensi zona lumpur dihitung berdasarkan lumpur yang dihasilkan setelah proses stabilisasi, dimana perhitungan dimensi zona lumpur sebagai berikut:

$$H = V/A_{\text{zona settling}} \dots\dots\dots 2.21$$

Dimana: H = Kedalaman zona lumpur (m)

V = volume lumpur setelah stabilisasi (m³)

A = Luas permukaan zona pengendapan (m²)

2. Menghitung dimensi ABR

a. Menghitung ketinggian total ABR

$$H = \text{HRT} \times V_{\text{up}} \dots\dots\dots 2.22$$

Dimana: H = Ketinggian ABR total (m)

HRT = Waktu tinggal hidrolik (jam)

V_{up} = Kecepatan aliran keatas (m/jam)

b. Menghitung dimensi kompartemen ABR

H kompartemen = H tangki septik2.22

L kompartemen = L tangki septik.....2.23

A kompartemen = Q/V_{up} 2.24

P kompartemen = A kompartemen/L kompartemen2.25

c. Menentukan jumlah kompartemen ABR

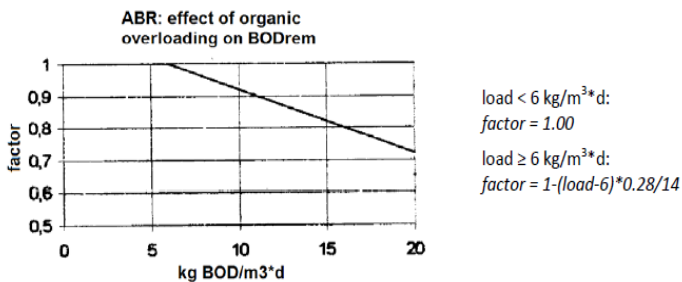
$N = H_{ABR}/H \text{ kompartemen}$ 2.26

d. Cek V_{up} dan HRT

$V_{up} = \frac{Q}{P \text{ kompartemen} \times L \text{ kompartemen}}$ 2.27

$HLR = \frac{H \text{ Kompartemen} \times L \text{ kompartemen} \times H \text{ kompartemen} \times N}{Q}$ 2.28

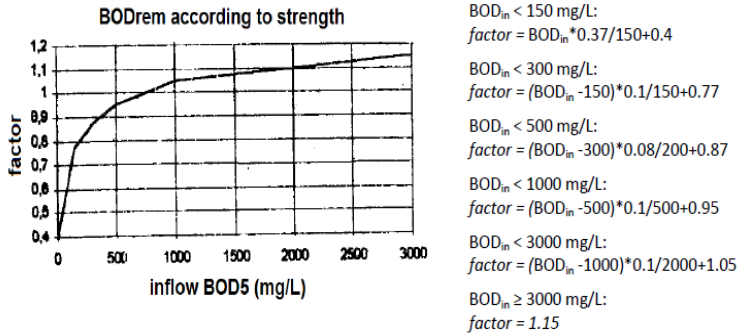
e. Menentukan efisiensi ABR.



Gambar 2.11 Grafik Faktor Penyisihan BOD Terhadap Organic Overloading

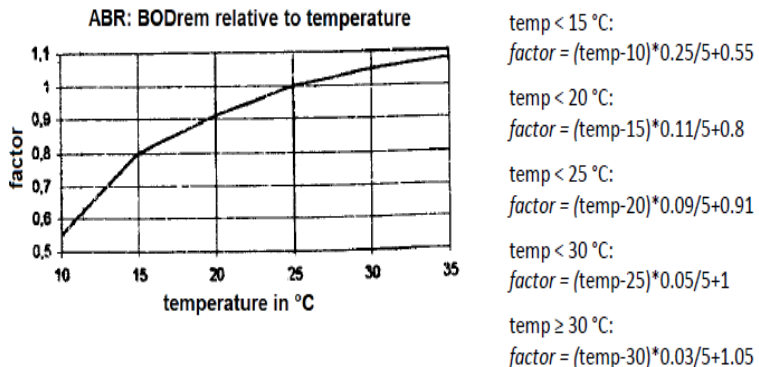
Sumber: Sasse, 2009

Untuk menentukan efisiensi ABR didasarkan pada hasil kali nilai faktor berdasarkan grafik pada Gambar 2.11 sampai Gambar 2.15.



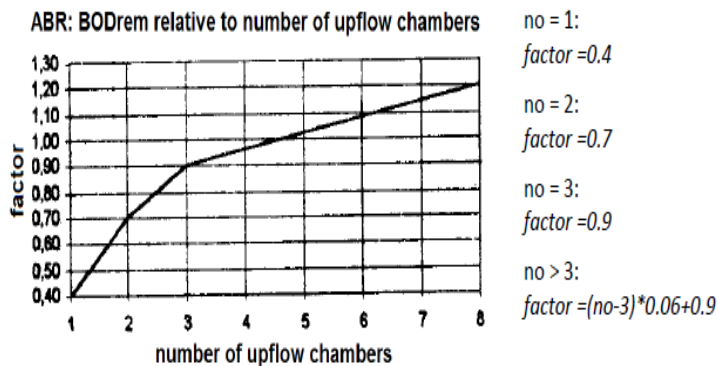
Gambar 2.12 Grafik Faktor Penyisihan BOD Terhadap Konsentrasi BOD

Sumber: Sasse, 2009



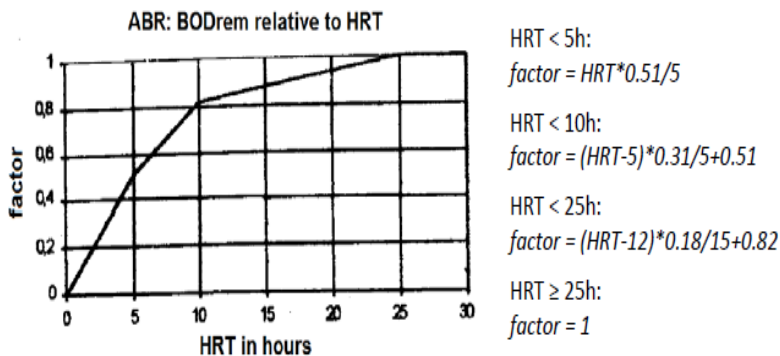
Gambar 2.13 Grafik Faktor Penyisihan BOD Terhadap Temperatur

Sumber: Sasse, 2009



Gambar 2.14 Grafik Faktor Penyisihan BOD Terhadap Jumlah Kompartemen

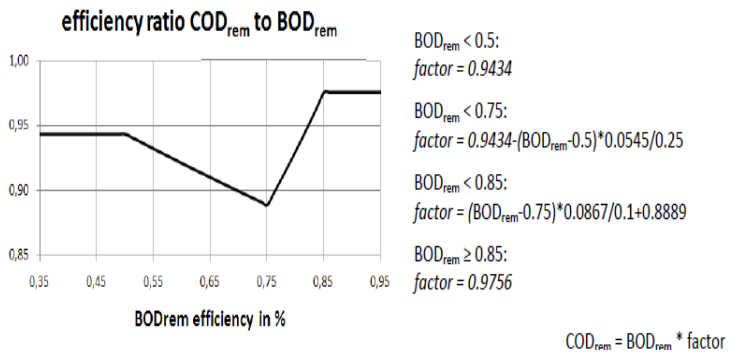
Sumber: Sasse, 2009



Gambar 2.15 Grafik Faktor Penyisihan BOD Terhadap HRT

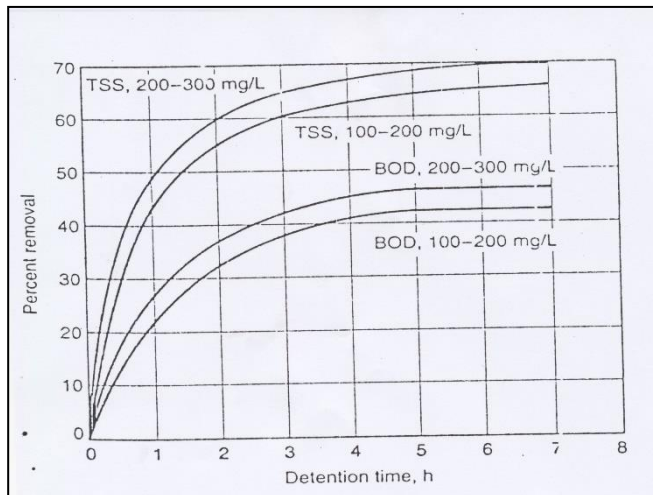
Sumber: Sasse, 2009

Untuk menentukan removal COD didasarkan pada nilai faktor pada Gambar 2.16.



Gambar 2.16 Grafik Faktor Penyisihan COD Berdasarkan Penyisihan BOD

Sumber: Sasse, 2009



Gambar 2.17 Grafik Penyisihan TSS dan BOD Terhadap Waktu Pengendapan

Sumber: Tchobanoglous *et al.*, 2003

- f. Menghitung produksi lumpur.
3. Menghitung dimensi ABF
- a. Menentukan volume ABF

$$V_{AF} = HRT \times Q \dots\dots\dots 2.29$$

Dimana: V_{AF} = Volume ABF (m^3)

HRT = Waktu tinggal hidrolik (jam)

Q = Debit pengolahan (m^3/jam)

- b. Menentukan dimensi kompartemen

$$\text{Panjang kompartemen AF} = \text{Kedalaman ABR} \dots\dots\dots 2.30$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar kompartemen} = & \frac{V_{AF}}{\text{jumlah kompartemen} / (\text{kedalaman} \times 0,25) + (\text{panjang kompartemen} - \text{ketinggian media filter}) \times (1 - \% \text{porositas media})} \dots\dots\dots 2.30 \end{aligned}$$

Ketinggian media filter = Kedalaman AF- jarak media filter dengan dasar bak -0,4-0,05

- c. Menentukan jumlah kompartemen ABF

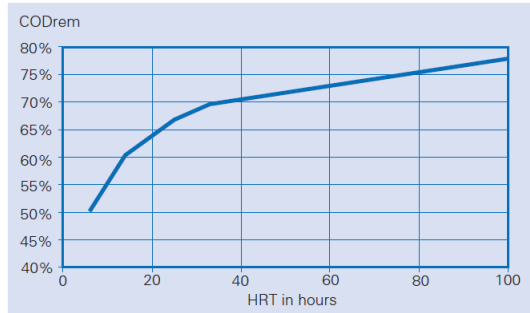
$$N = V_{AF} / V \text{ kompartemen} \dots\dots\dots 2.31$$

- d. Cek V_{up}

$$V_{up} = \frac{Q}{(\text{Lebar kompartemen} \times \text{panjang tiap kompartemen} \times \% \text{porositas media})} \dots\dots\dots 2.32$$

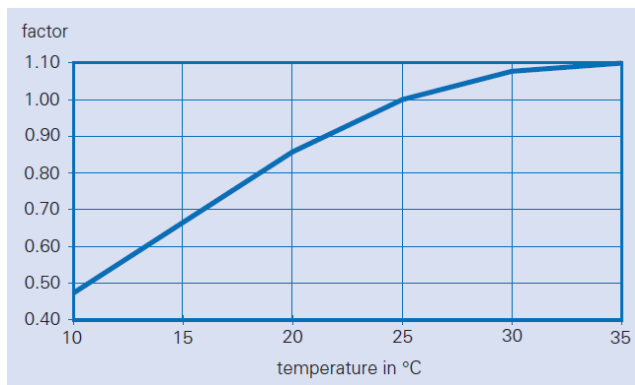
- e. Menghitung efisiensi AF

Untuk menentukan efisiensi ABf didasarkan pada hasil kali nilai faktor berdasarkan grafik pada Gambar 3.12 sampai Gambar 3.13.



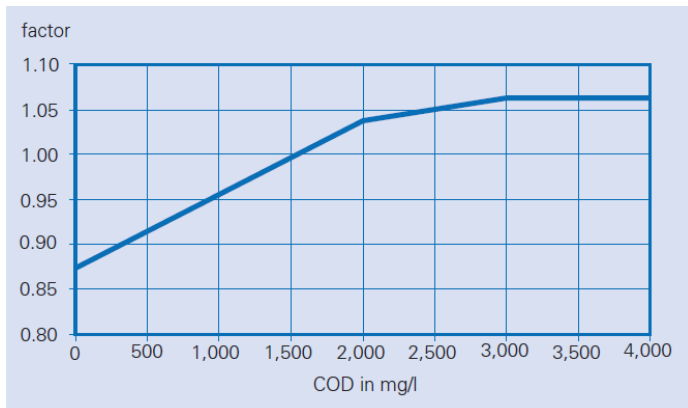
Gambar 2.18 Grafik Faktor Penyisihan COD Berdasarkan HRT

Sumber: Sasse, 2009



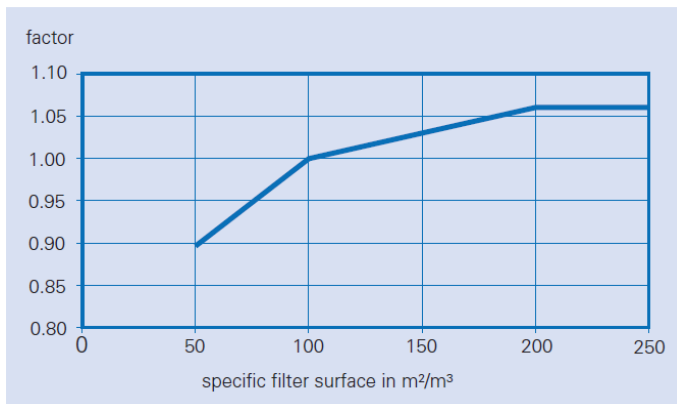
Gambar 2.19 Grafik Faktor Penyisihan COD Berdasarkan Temperatur

Sumber : Sasse, 2009



Gambar 2.20 Grafik Faktor Penyisihan COD Berdasarkan Influent

Sumber: Sasse, 2009



Gambar 2.21 Grafik Faktor Penyisihan COD Berdasarkan Permukaan Spesifik filter

Sumber: Sasse, 2009

f. Menghitung produksi lumpur

Pengolahan tahap kedua lainnya adalah menggunakan proses fisik-kimia. Proses fisik kimia yang sering dijumpai dalam pengolahan limbah cair industri kertas adalah dengan menggunakan proses koagulasi-flokulasi. Proses pengadukan dapat berlangsung melalui terjunan maupun sekat berlubang.

Kriteria desain pengadukan cepat dan lambat

Koagulasi :

- a. $G = 300 - 1000$ /detik
- b. $Td = 5 - 60$ detik

Flokulasi :

- a. $G = 20 - 100$ /detik
- b. $Td = 10 - 60$ menit
- c. $GTd = 48000-210000$

Langkah perhitungan unit koagulasi-flokulasi sebagai berikut:

- 1. Menetapkan nilai gradient kecepatan (G) dan waktu pengadukan (Td).
- 2. Menghitung Nilai GTd.

Rumus yang digunakan untuk menghitung GTd adalah :

$$GTd = G \times Td \dots\dots\dots 2.32$$

Dimana: GTd = Bilangan Champ

G = Gradien kecepatan (/detik)

Td = Waktu tinggal (detik)

3. Menghitung volume reaktor.

$$V = Q \times Td \dots\dots\dots 2.33$$

Dimana: V = Volume reaktor (m^3)

Q = Debit pengolahan (m^3/s)

T_d = Waktu tinggal (detik)

4. Menghitung headloss yang terjadi.

$$H_f = \frac{(G^2)(\theta)(T_d)}{g} \dots\dots\dots 2.34$$

Dimana: H_f = Headloss /tinggi jatuhnya(m)

G = Gradien kecepatan (/detik)

T_d = Waktu tinggal (detik)

ν = Viskositas kinematis ($m^2/detik$)

g = Percepatan gravitasi ($m^2/detik$)

2.6 Pengolahan Tahap Ketiga

Effluent pengolahan tahap kedua sering kali masih belum memenuhi standard. Hal ini disebabkan karena effluent yang dihasilkan dari pengolahan pabrik kertas sering kali masih berwarna sehingga perlu diolah lebih lanjut.

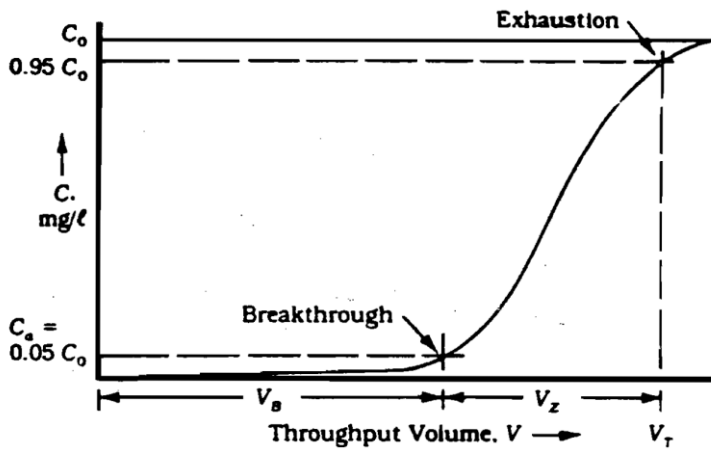
Pengolahan lanjutan yang biasa digunakan untuk pengolahan lanjutan adalah dengan menggunakan proses arang aktif. Pada pengolahan menggunakan arang aktif perlu dilakukan penelitian pendahuluan untuk memperoleh beberapa factor desain seperti volume breakthrough.

Untuk memperoleh volume breakthrough dilakukan percobaan menggunakan kolom adsorpsi dimana volume breakthrough dapat diperoleh dengan cara mengeplotkan konsentrasi effluent dengan volume air limbah yang terolah. Grafik breakthrough disajikan pada Gambar 2.23.



Gambar 2.22 Activated carbon filter

Sumber: Focus Technology, 2011



Gambar 2.23 Grafik Breakthrough

Sumber: Reynold, 1996

Mendesain unit adsorpsi dapat dilakukan dengan cara *scale up* berdasarkan penelitian laboratorium. Langkah-langkah desain unit adsorpsi sebagai berikut:

1. Menentukan volume bed dengan metode scale-up approach, dengan rumus:

$$\text{Bed volume (BV)} = Q/Q_b \dots\dots\dots 2.35$$

Dimana: Q = debit aliran (m^3/jam)

$$Q_b = 0,2 - 0,3 \text{ bed volume /jam}$$

2. Menentukan massa adsorbent

$$M = (BV)(\rho_s) \dots\dots\dots 2.36$$

Dimana: M = massa adsorbent (Kg)

$$\rho_s = \text{massa jenis adsorbent (Kg/m}^3\text{)}$$

2.7 Perancangan Terdahulu

Penelitian terdahulu berisikan sejumlah hasil penelitian yang dimuat dalam berbagai jurnal terkait pengolahan limbah cair industri kertas. Penelitian terdahulu dapat membantu perencanaan dalam menetapkan pengolahan yang sesuai maupun memperoleh kriteria desain dari pengolahan yang telah ditetapkan.

Anaerobic treatment of strong sewage by a two stage system of AF and UASB reactor.

Penelitian ini meneliti sistem pengolahan air limbah domestik dengan sistem *Anaerobic Filter* (AF) dan *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB) yang disusun secara seri. Kinerja pengolahan limbah diukur dengan menggunakan limbah cair domestik yang kuat dengan padatan tersuspensi yang tinggi. Sistem ini dioperasikan pada waktu tinggal (HRT) 4 jam untuk AF dan 8 jam untuk UASB. Removal rata-rata yang diperoleh untuk parameter COD terlarut dan COD tersuspensi

untuk reaktor AF dan UASB berurutan adalah 58% dan 81% (Sawajneh *et al.*, 2010).

Performance evaluation of anaerobic baffled reactor (ABR) treating pulp and paper wastewater in start-up period.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui performa ABR dalam mendegradasi senyawa organik dari limbah cair industri pulp dan kertas saat awal periode start-up. Reaktor merupakan *pilot scale* ABR dengan volume reaktor 45 liter dengan 4 ruang. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh penysisihan SCOD sebesar 60% dengan waktu tinggal yang digunakan adalah 24 jam. Performa ABR berdasarkan hasil penelitian tidak dipengaruhi oleh karakteristik influent limbah dan banyak dipengaruhi oleh HRT (Alighardashi *et al.*, 2015).

Pilot treatment of OCC-based paper mill wastewater using pulsed electrocoagulation.

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki penurunan konduktivitas, SS dan COD pada *old corrugated containerboard* (OCC) dengan menggunakan prinsip elektrokoagulasi. Koagulan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *anionic polyacrylamide* dengan dosis 0-30mg/l dengan waktu detensi 8-16 menit. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh penurunan konduktivitas, SS dan COD secara berurutan adalah 47,7%, 99,3% dan 75% tanpa penggunaan koagulan. Sedangkan dengan penggunaan koagulan diperoleh penurunan konduktivitas, SS dan COD secara berurutan adalah 54,5%, 99,6% dan 92,7% (Perng *et al.*, 2007).

Side-by-side activated sludge pilot plant investigation focusing on orgaochlorines

Penelitian ini mengoperasikan dua buah reaktor *activated sludge* secara paralel dimana salah satu reaktor dioperasikan dengan udara sedangkan yang lainnya dengan oksigen murni. Limbah yang diolah adalah effluent proses *bleaching* pada industri kertas. Berdasarkan hasil penelitian

diperoleh hasil removal COD dan BOD sebesar 90 % (Rempel *et al.*, 1992).

Uji Performace Biofilter Anaerobic Unggun Tetap Menggunakan Media Biofilter Sarang Tawon Untuk Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Hewan.

Penelitian yang dilakukan mengenai uji perfoma untuk biofilter anaerobik dalam mengolah air limbah rumah potong ayam. Penelitian ini menghasilkan efisiensi penurunan terbaik untuk limbah tersebut. Didapat efisiensi removal untuk COD sebanyak 87%, kandungan zat organik (KmnO_4) sebanyak 83%, kemudian BOD 89% dan TSS 96% (Said dan Firly, 2005).

Development of an Improved Anaerobic Filter for Municiple Wastewater Treatment

Studi HRT dalam menentukan efektifitas anaerobik filter menunjukkan bahwa HRT 12 jam merupakan rentang waktu paling optimal untuk pengolahan limbah domestik. Efisiensi removal yang dihasilkan mencapai 90% untuk BOD, 95% untuk COD dan 95% untuk TSS. Biogas yang dihasilkan mencapai 0,35 m³ CH₄/kg COD dengan kandungan CH₄ yaitu sebesar 70% (Bokdhe, 2008).

Desain Alternatif Instalasi Pengolahan Air Limbah Pusat Pertokoan dengan Proses Aerobic, Anaerobic, dan Kombinasi Anaerobik dan aerobik di Kota Surabaya.

Perancangan bangunan IPAL untuk limbah cair pusat pertokoan. DED dari bangunan tersebut yaitu sebagai berikut :

- a. IPAL pusat pertokoan dengan proses anaerobik membutuhkan volume media 78,3 m³, panjang 2,1 m, lebar 1 m, tinggi 3 m, dan jumlah bed 12 buah.
- b. IPAL pusat pertokoan dengan prose aerobik membutuhkan volume media 39,1 m³, panjang 1,6 m, lebar 0,8 m, tinggi 3 m, dan jumlah bed 10 buah.

- c. IPAL pusat pertokoan dengan kombinasi proses aerobik - anaerobik. Bak anaerobik membutuhkan volume media 78,3 m³, panjang 3,6 m, lebar 1,8 mm, tinggi 3 m, dan jumlah bed 4 buah. Bak aerobik membutuhkan volume media 11,2 m³, panjang 1,9 m, lebar 1 m, tinggi 3 m, dan jumlah bed 2 buah. (Praditya, 2014)

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 3

METODE PERANCANGAN

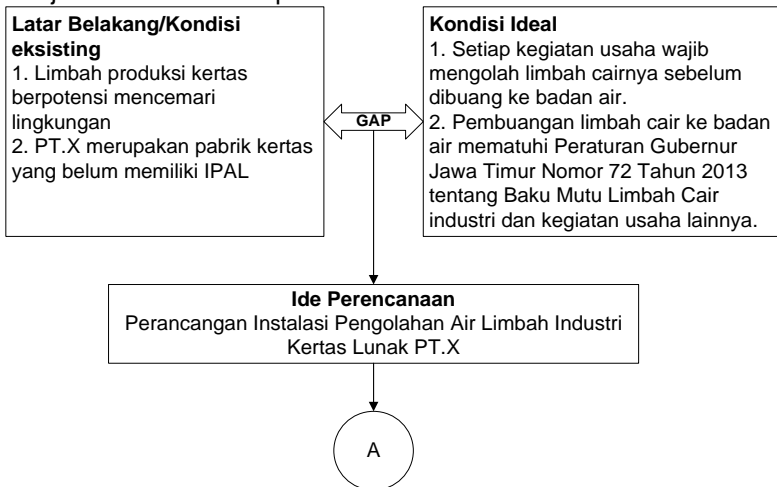
3.1 Kerangka Perancangan

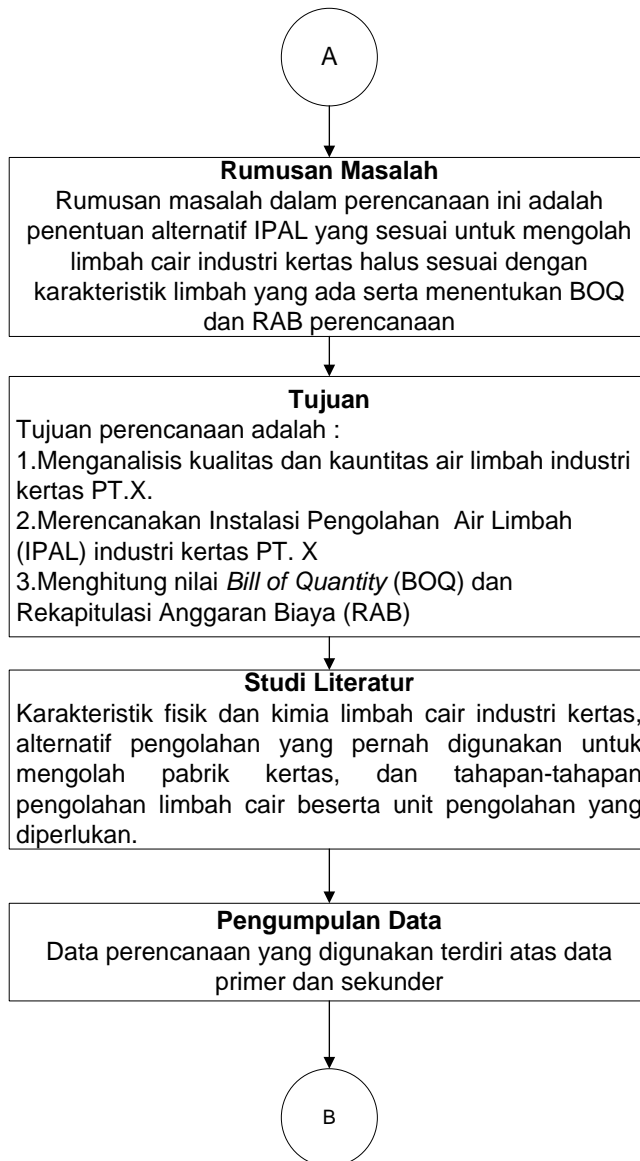
Metode perancangan ini disusun dalam bentuk kerangka perancangan yaitu alur atau prosedur dalam perancangan yang akan dilakukan. Kerangka perancangan ini bertujuan untuk :

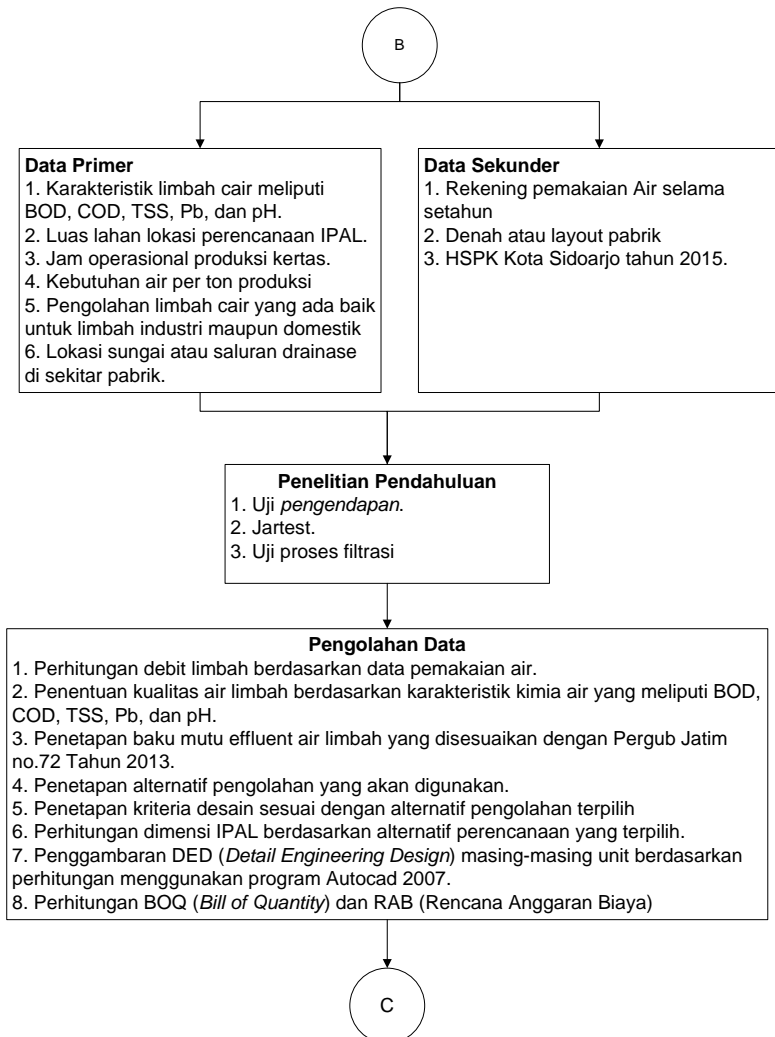
1. Sebagai gambaran awal tahapan perancangan sehingga dapat memudahkan perancangan..
2. Dapat mengetahui hal-hal yang berkaitan dengan perancangan agar tujuan perancangan tercapai dan memudahkan pembaca dalam memahami mengenai perancangan yang akan dilakukan.
3. Sebagai pedoman awal dalam pelaksanaan perancangan sehingga kesalahan yang berisiko terjadi dapat diminimasi.

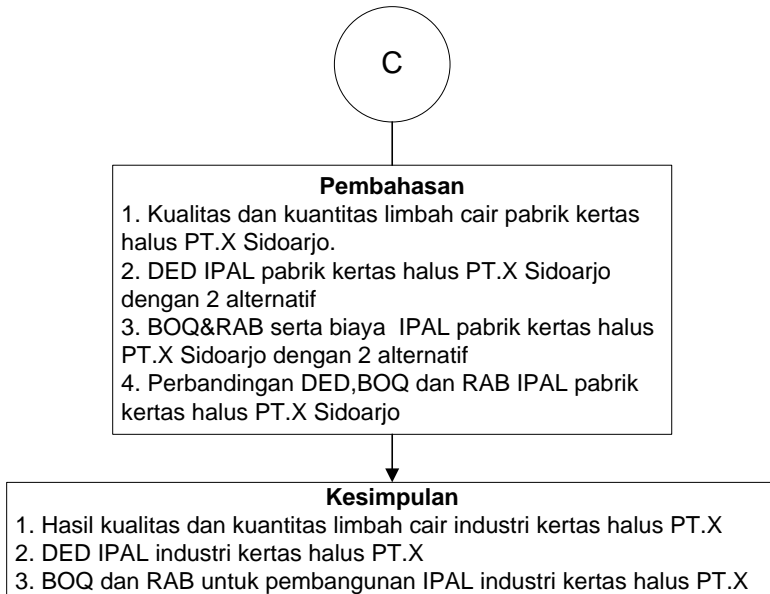
Metode perancangan diperlukan untuk dapat merencanakan instalasi pengolahan air limbah bagi pabrik kertas. Metode perancangan dapat menjadi pedoman pada perancangan ini untuk menjawab tujuan perancangan. Penyusunan tahap perancangan bertujuan penjabaran alur atau langkah-langkah yang perlu ditempuh dalam perancangan. Tahapan perancangan yang akan dilakukan disajikan pada

Gambar 3









Gambar 3.1 Tahapan Perancangan

3.2 Ide Perancangan

Ide perancangan diperoleh dari adanya GAP antara kondisi ideal dengan kondisi eksisting di pabrik kertas halus PT.X. Idealnya seluruh kegiatan industri harus mengolah air limbah yang dihasilkannya sehingga memenuhi standar baku mutu Peraturan Gubernur Tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri Kertas. Kenyataannya pabrik kertas halus PT.X tidak memiliki instalasi pengolahan air limbah (IPAL) sehingga limbah yang dihasilkan akan menimbulkan dampak negative bagi lingkungan jika dibuang ke badan air.

Berdasarkan latar belakang tersebut diperlukan adanya perancangan instalasi pengolahan air limbah untuk mengolah limbah cair PT.X. Hal tersebut diperlukan agar air limbah yang dihasilkan tidak mencemari lingkungan.

3.3 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka bertujuan untuk membantu dan mendukung ide perancangan serta dapat meningkatkan pemahaman lebih jelas terhadap ide yang akan direncanakan. Tinjauan pustaka juga harus mendapatkan feedback dari analisa data dan pembahasan untuk menyesuaikan hasil analisa dengan literatur yang ada. Sumber literatur yang digunakan adalah jurnal internasional, jurnal indonesia, peraturan dan baku mutu, prosiding, text book, serta tugas akhir yang berhubungan dengan perancangan ini.

Data-data pustaka yang diperlukan antara lain:

1. Karakteristik fisik dan kimia limbah cair industri kertas
2. Alternatif pengolahan yang pernah digunakan dalam mengolah limbah cair industri kertas
3. Tahapan pengolahan limbah cair industri kertas
4. Unit-unit pengolahan limbah cair.

3.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data diperlukan untuk memperoleh segala macam informasi yang dapat menunjang proses perancangan. Pengumpulan data dapat dilakukan dengan cara survey, sampling dll. Cara-cara pengumpulan yang dipilih disesuaikan berdasarkan jenis data yang hendak diambil.

Jenis data berdasarkan cara memperolehnya dibagi atas data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh berdasarkan pengukuran atau pengamatan langsung di lapangan. Disisi lain data sekunder merupakan data yang diperoleh dari sumber data lain baik dari jurnal, dokumen dll.

a. Data Primer

Data primer yang diperlukan dalam perancangan ini terdiri atas karakteristik air limbah serta kondisi eksisting di wilayah pabrik. Kondisi eksisting yang diperlukan adalah ketersediaan lahan yang ada untuk perancangan, operasional pabrik, pengolahan limbah yang ada, serta lokasi sungai atau drainase sekitar pabrik.

1. Sampling dan analisis karakteristik air limbah

Sampling air diperlukan untuk mengetahui karakteristik kimia yang ada dalam air limbah pabrik kertas halus. Sampling dilakukan secara *grab sampling* dengan cara mengambil contoh air limbah pada saluran pembuangan limbah pabrik atau bak penampung. Sampling yang dilakukan didasarkan pada SNI 6989.59:2008.

Sampling limbah mempertimbangkan ada atau tidaknya bak ekualisasi atau bak penampung limbah di lokasi pabrik. Selain itu pertimbangan lain yang diperlukan adalah apakah proses pembuangan limbah berlangsung secara kontinyu atau tidak. Hal ini diperlukan agar sampel yang diambil dapat bersifat representatif dimana kualitas limbah yang diambil mewakili kualitas limbah secara keseluruhan.

Sampel air yang diperoleh selanjutnya dianalisa di Laboratorium Teknik Lingkungan ITS. Adapun karakteristik air limbah yang dianalisis adalah:

- a) BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) menggunakan SNI 6989.72:2009

Analisis BOD menggunakan prinsip winkler, yaitu reaksi oksidasi zat organik dengan oksigen yang terkandung dalam air oleh mikroorganisme. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui tingkat biodegradasi limbah cair.

- b) COD (*Chemical Oxygen Demand*) menggunakan SNI 06-6989.2-2009 atau 06-6989.73-2009

Analisis COD dilakukan dengan prinsip *Closed Reflux* dengan melalui oksidasi oleh larutan $K_2Cr_2O_7$ dalam keadaan asam. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui penurunan konsentrasi organik.

- c) pH menggunakan SNI 06-6989 11-2004

Analisis nilai pH diukur dengan menggunakan *Electrometric Method* (pH meter) dengan menggunakan alat *Basic pH meter-03771 Denver Instrument*.

d) TSS menggunakan SNI 06-6989 3-2004

Analisis TSS dengan menggunakan metode gravimetri. Analisis gravimetri adalah suatu teknik analisis kuantitatif yang didasarkan pada pengukuran massa. Hal ini melalui pengendapan, penyaringan, pencucian endapan, pengeringan dan penimbangan. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui jumlah padatan tersuspensi yang terlarut dalam air limbah.

e) Pb menggunakan SNI 06-6989 8-2004

Analisa Pb menggunakan prinsip Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Prinsip analisis yang dilakukan adalah dengan penambahan asam nitrat bertujuan untuk melarutkan analit logam dan menghilangkan zat-zat pengganggu yang terdapat dalam contoh uji dalam air dan air limbah dengan bantuan pemanas listrik, kemudian diukur dengan SSA menggunakan gas asetilen, C_2H_2 .

2. Survey Kondisi Eksisting di Lapangan

Survey kondisi eksisting diperlukan untuk mengetahui kondisi sesungguhnya yang digunakan untuk menunjang perancangan. Dengan adanya survey lapangan diharapkan agar hasil perancangan yang telah dilakukan dapat diterapkan dengan baik. Sehingga akan mempermudah implementasi dari hasil perancangan yang telah dilakukan.

Survey kondisi eksisting yang diperlukan dalam perancangan ini berkaitan dengan ketersediaan lahan, operasional pabrik serta lokasi badan air terdekat disekitar pabrik. Data-data tersebut selanjutnya menjadi acuan dalam mendesain IPAL.

Survey dilakukan dengan cara pengamatan langsung dilapangan dengan cara melakukan kunjungan ke lokasi perancangan. Selain itu informasi yang diperlukan dapat pula ditanyakan kepada staf atau karyawan yang bertugas di pabrik.

a. Ketersediaan Lahan

Ketersediaan lahan menjadi salah satu faktor agar perancangan yang dilakukan dapat diimplementasikan. Hal ini disebabkan karena setiap unit pengolahan yang direncanakan akan memakai sejumlah luasan lahan. Sehingga perlu diketahui berapa luasan lahan yang tersedia agar seluruh unit yang didesain dapat terbangun dengan lahan yang cukup.

Informasi mengenai ketersediaan lahan juga membantu perencana dalam menentukan alternatif pengolahan yang tepat. Selain itu dengan mengetahui lahan yang akan digunakan dapat membantu dalam pengembangan layout atau tata letak unit yang telah didesain.

b. Jam Operasional Pabrik

Lama operasional pabrik memberikan informasi kepada perencana mengenai lama limbah yang dihasilkan oleh suatu proses produksi. Informasi ini juga memberikan gambaran jam puncak pemakaian air. Sehingga membantu perencana untuk memperoleh nilai faktor puncak untuk unit yang akan direncanakan.

Informasi mengenai jam operasional juga membantu perencana dalam mendesain unit IPAL seperti *Equalization Tank*. Hal ini diperlukan agar desain dari unit tersebut tidak terlalu besar maupun terlalu kecil.

c. Pemakaian Air untuk Produksi

Dalam pemakaian air dalam suatu industri tidak semua air digunakan untuk kebutuhan produksi. Namun sebagian penggunaan air juga dimanfaatkan dalam kegiatan yang menghasilkan limbah domestik seperti kamar mandi, dapur atau kantin pabrik.

Informasi pemakaian air untuk keperluan produksi diperlukan untuk menentukan jumlah sampel yang perlu diambil untuk effluen pabrik maupun effluen kegiatan domestik pabrik. Sehingga hasil analisa kualitas air lebih representatif.

d. Pengolahan Limbah Cair yang Ada

Informasi mengenai pengolahan yang sudah terbangun dapat menjadi pertimbangan dalam penentuan air limbah dari sumber mana yang harus diolah. Sehingga biaya pembangunan IPAL dapat ditekan karena sebelumnya telah ada pengolahan yang dilakukan.

e. Lokasi Badan Air Terdekat

Informasi lokasi badan air penerima diperlukan untuk mengetahui letak pipa effluent IPAL yang akan direncanakan. Badan air penerima dapat berupa sungai maupun saluran drainase yang cukup besar serta dapat menampung debit effluent yang dihasilkan.

Informasi badan lokasi badan air diperoleh melalui pengamatan pada sekitar area pabrik sehingga dapat diketahui letak badan air tersebut. Informasi ini juga berguna dalam penentuan tata letak unit bangunan.

a. Data Sekunder

Data sekunder bukan merupakan data hasil pengamatan langsung di lapangan. Data sekunder yang diperlukan dalam perancangan dapat berupa dokumen maupun gambar. Data sekunder yang berupa dokumen yang diperlukan dalam perancangan ini adalah dokumen HSPK (Harga Satuan Pokok Kegiatan) serta rekening pemakaian air. Sedangkan data lain yang diperlukan adalah gambar denah maupun layout dari pabrik yang akan direncanakan.

1. Rekening Pemakaian Air

Informasi pemakaian air dapat diketahui dari adanya rekening pemakaian air yang dimiliki perusahaan. Dari informasi pemakaian air dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan jumlah pemakaian air rata-rata dan dapat menentukan faktor puncak pemakaian. Selain itu dari pemakaian air juga dapat diperkirakan laju timbunan air limbah yang ada di pabrik. Informasi pemakaian air yang diperlukan adalah pemakaian air selama satu tahun. Dengan mengetahui pemakaian air dalam setahun dapat dihitung debit rata-rata pemakaian air pertahunnya.

Informasi pemakaian air diperoleh melalui rekening air yang dimiliki oleh pabrik jika kebutuhan operasional pabrik disuplai oleh PDAM. Namun jika penggunaan air disuplai melalui air tanah dapat diperkirakan pemakaian airnya dari penggunaan air saat produksi.

2. Gambar Denah dan Layout Pabrik

Gambar denah dan layout pabrik diperlukan untuk memberikan gambaran perencanaan mengenai tata letak bangunan serta lahan yang tersedia untuk pembangunan IPAL. Gambar denah memberikan informasi mengenai tata letak bangunan serta fungsi dari bangunan yang ada. Sedangkan layout pabrik memberikan gambaran mengenai letak pabrik terhadap sekitarnya. Sehingga dapat diperkirakan juga lokasi badan air yang ada disekitar pabrik.

3. HSPK Kota Sidoarjo Tahun 2015

HSPK berisikan data mengenai jenis kegiatan konstruksi beserta dengan harga satuan dari setiap kegiatan. Sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam penyusunan BOQ dan RAB dari IPAL yang telah didesain.

3.5 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan yang dilakukan dalam perancangan ini meliputi:

a. Uji Pengendapan

Uji Pengendapan bertujuan untuk mengetahui waktu penyisihan serta kecepatan penyisihan yang terjadi. Selain itu data yang dapat diperoleh dari uji ini adalah kemampuan penyisihan padatan seperti TSS, BOD dan COD.

b. *Jartest*

Jartest bertujuan untuk memperoleh dosis pembubuhan koagulan. *Jartest* dilakukan menggunakan supernatan uji pengendapan ditambahkan dengan berbagai konsentrasi koagulan disertai pengadukan cepat dan lambat.

c. Uji Proses Filtrasi

Pada uji ini supernatan hasil *jartest* dimasukkan kedalam media filter karbon aktif. Karbon aktif digunakan untuk menurunkan warna dan zat organik dalam sampel. Selain itu, proses filtrasi digunakan untuk menurunkan padatan tersuspensi sebelum masuk ke pengolahan biologis.

3.6 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan setelah data-data yang dibutuhkan telah dikumpulkan. Adapun pengolahan data yang dilakukan meliputi :

1. **Perhitungan debit air limbah serta karakteristik air limbah serta karakteristik kimia dari limbah pabrik kertas halus.**

Debit perancangan diperoleh dari rekening pemakaian air yang dimiliki oleh pabrik. Dari data penggunaan air selanjutnya dihitung penggunaan air rata-rata dari pabrik tersebut. Selain itu dihitung pula debit puncak dari pabrik tersebut yang akan digunakan dalam desain. Debit puncak dari desain diperoleh dengan mengalikan antara debit rata-rata hasil perhitungan dengan faktor peak.

Adapun cara perhitungan debit rata-rata dan debit puncak sebagai berikut:

- a. Menginput data debit pemakaian air selama satu tahun dalam tabel.

Data debit yang berasal dari rekening pemakaian air diinput ke dalam tabel. Adapun kolom yang disediakan adalah bulan, pemakaian air, dan produksi air limbah.

- b. Menghitung produksi air limbah dari pemakaian air bersih.

Air limbah dihitung dengan cara mengasumsikan debit air limbah sebagai 70% pemakaian air. Produksi air limbah selanjutnya diinput juga kedalam tabulasi yang telah dibuat

sebelumnya. Perhitungan air limbah dilakukan dengan persamaan 3.1.

$$Q_{\text{air limbah}} = 70\% \times Q_{\text{air bersih}} \dots\dots\dots 3.1$$

c. Menghitung debit air limbah rata-rata

Perhitungan debit air limbah rata-rata dilakukan dengan menjumlah seluruh produksi air limbah selama satu tahun kemudian membagi debit tersebut dengan jumlah bulan dalam satu tahun. Perhitungan debit rata-rata menggunakan persamaan 3.2.

$$Q_{\text{ave}} = \frac{\Sigma Q}{12} \dots\dots\dots 3.2$$

Keterangan : Q_{ave} = debit limbah rata-rata (m^3/bulan)

ΣQ = jumlah debit dalam 12 bulan (m^3/bulan)

Debit yang diperoleh selanjutnya dikonversi baik dalam satuan m^3/hari maupun dalam satuan m^3/jam . Cara mengkonversi debit disajikan persamaan 3.3 dan 3.4.

$$Q_{\text{ave}} (\text{m}^3/\text{hari}) = \frac{Q(\frac{\text{m}^3}{\text{bulan}})}{30 \text{ hari}} \dots\dots\dots 3.3$$

$$Q_{\text{ave}} (\text{m}^3/\text{jam}) = \frac{Q(\frac{\text{m}^3}{\text{hari}})}{24 \text{ jam}} \dots\dots\dots 3.4$$

d. Menghitung debit peak

Debit peak dihitung dengan mengalikan debit rata-rata dengan factor peak. Perhitungan debit peak menggunakan persamaan 3.5.

$$Q_{\text{peak}} (\text{m}^3/\text{jam}) = Q_{\text{ave}} \times \text{factor peak} \dots\dots\dots 3.5$$

Karakteristik kimiawi limbah diperoleh melalui analisa laboratorium. Karakteristik kimia yang diperoleh antara lain BOD, COD, TSS dan pH. Karakteristik kimia diperlukan untuk

mengetahui proses pengolahan apa yang sesuai untuk mengolah limbah cair pabrik kertas. Selain itu dapat ditentukan juga tahapan pengolahan yang diperlukan untuk mengolah air limbah agar memenuhi baku mutu.

2. Penetapan baku mutu effluent air limbah yang disesuaikan dengan Peraturan Gubernur Tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri Kertas.

Hasil laboratorium mengenai kualitas kimiawi limbah cair selanjutnya dibandingkan dengan baku mutu. Nilai baku mutu yang digunakan dalam perancangan ini adalah Peraturan Gubernur Tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri Kertas.

Baku mutu digunakan sebagai nilai pembanding untuk mengetahui apakah limbah yang telah diolah atau dihasilkan industri sudah memenuhi syarat untuk dibuang ke badan air. Selain itu, baku mutu juga dapat menjadi acuan dalam perancangan ini untuk mengetahui berapa nilai polutan yang perlu disisihkan agar dapat memenuhi baku mutu. Setelah mengetahui nilai polutan yang perlu disisihkan dapat diketahui pula berapa tahapan pengolahan yang diperlukan.

3. Penetapan Alternatif Pengolahan Berdasarkan Data Kualitas dan Kuantitas

Alternatif pengolahan ditetapkan setelah menganalisa data kualitas, kuantitas dan hasil analisa penelitian pendahuluan. Alternatif pengolahan juga disusun secara berangkaik dimana alternative pengolahan dimulai dari pengolahan tahap pertama (fisik-kimia) dilanjutkan dengan pengolahan tahap kedua.

4. Penetapan kriteria desain sesuai dengan pustaka textbook dan jurnal.

Kriteria perancangan yang digunakan diambil dari textbook seperti Metcalf and eddy (2003) dan sasse *et al.*(2009). Kriteria lain yang diambil juga berasal dari jurnal-jurnal terkait pengolahan air

limbah pabrik kertas. Kriteria perancangan yang digunakan untuk tiap unit disajikan pada subbab Kriteria Desain di BAB II Tinjauan Pustaka.

5. Penetapan alternatif pengolahan yang akan digunakan.

Alat alternatif pengolahan yang digunakan dalam perancangan ini ada dua buah. Setiap alternatif memiliki proses pengolahan yang berbeda untuk pengolahan tahap kedua. Pada alternatif pertama digunakan proses anaerobik-anaerobik menggunakan ABR-ABF. Sedangkan pada alternatif kedua menggunakan proses lumpur aktif.

6. Perhitungan dimensi unit pengolahan yang telah ditetapkan berdasarkan kriteria desain menggunakan excel.

Perhitungan ditetapkan dilakukan berdasarkan pada kriteria desain yang telah ditetapkan sebelumnya berdasarkan literatur. Adapun hal yang perlu dihitung dari setiap bangunan terkait dengan dimensi baik bangunan maupun saluran serta aspek hidrolika yang ada pada bangunan tersebut (kecepatan saluran, kecepatan dalam bangunan, dll). Selain itu dalam perhitungan juga perlu dilakukan perhitungan baik terhadap kebutuhan pompa (jika diperlukan) serta peralatan tambahan yang perlu ditambahkan dalam bangunan (misal: media filter).

7. Penggambaran DED (*Detail Engineering Design*) masing-masing unit berdasarkan perhitungan menggunakan AutoCAD 2007.

Gambar detail merupakan tahap selanjutnya setelah dilakukan perhitungan dimensi unit pengolahan. Dalam gambar detail perlu digambarkan bentuk dari unit pengolahan secara jelas baik bentuk dan ukuran unit bangunan.

Gambar detail yang perlu dipersiapkan terdiri atas :

- a. Layout tiap alternatif pengolahan
- b. Denah tiap unit bangunan

- c. Potongan memanjang dan melintang tiap unit bangunan
- d. Profil hidrolis tiap alternatif
- 8. **Perhitungan BOQ (*Bill of Quantity*) berdasarkan DED dan RAB (Rencana Anggaran Biaya) berdasarkan SNI DT-91 tentang pekerjaan bangunan dan HSPK Kota Sidoarjo tahun 2015 menggunakan program microsoft excel serta perhitungan biaya operasi dan pemeliharaan.**

Perhitungan BOQ (*Bill of Quantity*) dan RAB (Rencana Anggaran Biaya) didasarkan pada gambar DED yang telah dibuat. Dalam perhitungan volume pekerjaan mengacu pada SNI DT-91 tentang pekerjaan bangunan. Sedangkan perhitungan RAB didasarkan pada HSPK Kota Sidoarjo tahun 2015.

Dalam proses perhitungan perlu diperhatikan koefisien dan satuan pekerjaan. Hal ini diperlukan karena berkaitan dengan nilai atau harga setiap satuan pekerjaan. Sehingga perhitungan volume pekerjaan harus dilakukan dengan teliti.

3.5 Analisis Hasil Perancangan

Hasil dan pembahasan digunakan untuk memperjelas data yang telah diolah. Hasil dan pembahasan meliputi aspek teknis dan biaya yang terdiri dari :

1. Karakteristik limbah cair industri kertas halus PT.X

Hasil analisa laboratorium selanjutnya dilakukan pembahasan terkait kualitas limbah pabrik kertas. Pembahasan meliputi nilai parameter limbah cair seperti BOD, COD, TSS dan pH; kekuatan limbah (BOD stregh) serta hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pengolahan limbah.

2. *Detail Engineering Design* (DED) Instalasi Pengolahan Air Limbah industri kertas halus PT.X.

Gambar detail merupakan visualisasi dari hasil perhitungan dimensi unit bangunan. Dari gambar detail dapat diperoleh informasi mengenai ukuran, volume pekerjaan serta kebutuhan lahan dari kedua alternatif perancangan. Selain itu,

dengan mengetahui kebutuhan lahan untuk setiap alternatif dapat dilakukan analisa alternatif mana yang memerlukan lahan lebih sedikit dan memiliki efisiensi yang tinggi.

3. BOQ dan RAB IPAL

Hasil perhitungan BOQ dan RAB dari dua alternative selanjutnya dianalisa. Analisa berkaitan dengan jumlah masing-masing volume pekerjaan dari dua alternatif serta biaya yang diperlukan untuk pembangunan IPAL masing-masing alternatif.

4. Perbandingan DED, BOQ & RAB IPAL

Hasil perhitunganselanjutnya dianalisa terkait dengan kebutuhan lahan, efisiensi yang dihasilkan serta BOQ dan RAB IPAL. Perbandingan ini ditujukan untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan masing-masing alternatif IPAL.

3.7 Kesimpulan

Kesimpulan merupakan jawaban dari tujuan perancangan. Kesimpulan tersebut meliputi :

1. Karakteristik limbah cair pabrik kertas halus PT.X
2. Desain IPAL yang sesuai dengan karakteristik limbah pabrik kertas halus PT.X
3. Rencana anggaran biaya unit IPAL industri kertas halus PT.X

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Industri Kertas Halus

Perancangan ini menggunakan salah satu industri kertas halus yang berlokasi di Sedati Sidoarjo. PT.X merupakan industri yang bergerak dalam produksi kertas halus. Adapun kertas halus yang diproduksi berupa *fancy paper*, *buffalo paper* serta menyediakan jasa pelapisan dan pewarnaan pada kertas.



Gambar 4.1 Tampak Depan Industri Kertas Halus PT.X

Dalam proses produksinya industri kertas halus PT.X mengimpor bahan baku berupa pulp dari Republik Rakyat China. Bahan baku tersebut selanjutnya melalui proses seperti pembentukan kertas dan penambahan zat pewarna. Proses yang berlangsung tersebut menghasilkan sejumlah limbah cair dengan kadar organik dan warna yang tinggi.

Dalam proses produksinya PT.X belum memiliki instalasi pengolahan air limbah (IPAL) untuk mengolah limbah cair yang dihasilkan. PT.X hanya menyediakan bak penampungan untuk

menampung air limbah dari proses produksi. Limbah cair yang tidak ditangani tersebut berpotensi untuk mencemari lingkungan sekitar.

4.2 Debit dan Kualitas Air Limbah

A. Perhitungan Debit Air Limbah

Debit yang air limbah yang dihasilkan dari proses produksi adalah 10 m³/hari dengan waktu operasional selama 24 jam dalam sehari, dimana pabrik beroperasi dalam waktu 7 hari dalam 1 minggu. Debit tersebut diperoleh dari pengukuran yang dilakukan oleh pihak industri.

Berdasarkan debit yang diperoleh tersebut selanjutnya dilakukan konversi pada debit tersebut untuk memperoleh satuan dalam m³/detik dan L/detik. Perhitungan debit didasarkan pada Persamaan 3.4.

$$\begin{aligned}\text{Debit rata-rata air limbah (m}^3/\text{detik)} &= \frac{10 \text{ m}^3}{\text{hari}} \times \frac{\text{hari}}{86400 \text{ detik}} \\ &= 0,00012 \text{ m}^3/\text{detik}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Debit rata-rata air bersih (L/detik)} &= \frac{0,00012 \text{ m}^3}{\text{detik}} \times \frac{1000 \text{ L}}{\text{m}^3} \\ &= 0,12 \text{ L/detik}\end{aligned}$$

Untuk perhitungan debit puncak diasumsikan 2x kali debit rata-rata. Perhitungan debit didasarkan pada persamaan 3.5.

$$\text{Debit Puncak (L/detik)} = 0,12 \text{ L/detik} \times 2 = 0,24 \text{ L/detik}.$$

Perhitungan debit menggunakan rekening air dalam proses desain tidak dapat dilakukan. Hal tersebut disebabkan karena terkendala proses perijinan.

B. Kualitas dan Baku Mutu Air Limbah

Data kualitas air limbah merupakan data primer yang diperoleh melalui sampling dan analisa laboratorium. Dari hasil analisa laboratorium selanjutnya diperoleh data kualitas air limbah PT.X. Baku mutu yang digunakan sebagai pembanding didasarkan

pada Peraturan Gubernur Jatim Nomor 72 Tahun 2013 tentang baku mutu air limbah industri dan/atau kegiatan usaha lainnya. Hasil analisa laboratorium disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Analisa Laboratorium Kualitas Air Limbah PT.X

No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu Air Limbah	Hasil Analisa
1	pH	-	6 - 9	7,70
2	TSS	mg/L	70	41000
3	COD	mg/L O ₂	150	45384
4	BOD	mg/L O ₂	70	8300
5	Timbal	mg/L Pb	0,1	0,56

Berdasarkan hasil analisa laboratorium keempat parameter pencemar yang ditetapkan Peraturan Gubernur Jatim Nomor 72 Tahun 2013 melebihi baku mutu. Sehingga perlu diolah agar memenuhi baku mutu yang ditetapkan.

Konsentrasi parameter seperti TSS, BOD dan COD yang tinggi disebabkan karena penggunaan bahan kimia pewarna yang dibantu dengan penambahan tepung. Hal tersebut mengakibatkan kandungan padatan yang tinggi pada air limbah serta menaikkan kadar BOD dan COD dalam air limbah.

4.3 Alternatif Perancangan

Desain unit IPAL didasarkan pada tujuan pengolahan yang hendak dicapai. Dalam desain IPAL ini bertujuan untuk memperoleh kualitas effluent agar memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan agar tidak mencemari lingkungan. Dalam hal ini baku mutu yang digunakan adalah Peraturan Gubernur Jatim Nomor 72 Tahun 2013 tentang baku mutu air limbah industri dan/atau kegiatan usaha lainnya.

Pada desain kali ini parameter yang menjadi fokus pengolahan adalah TSS, BOD, COD dan Pb. Hal ini disebabkan

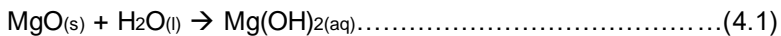
karena keempat parameter tersebut melebihi baku mutu yang ditetapkan. Sehingga perlu dilakukan pengolahan secara lengkap untuk mengolah parameter-parameter tersebut.

Pengolahan terhadap parameter TSS, BOD dan COD dilaksanakan melalui beberapa tahap yaitu:

1. Pengendapan
2. Koagulasi-flokulasi diikuti dengan pengendapan
3. Adsorpsi dengan filter karbon
4. Pengolahan secara biologis apabila TSS, BOD dan COD belum memenuhi baku mutu

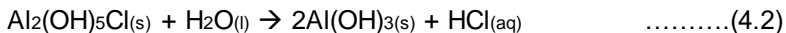
Berdasarkan hasil analisa Pb yang terdapat dalam air limbah cukup kecil sehingga dalam desain ini tidak dilakukan desain bangunan khusus untuk menurunkan parameter Pb. Namun pada dasarnya Pb dapat disisihkan melalui proses sedimentasi jika terdapat Pb yang menempel pada partikel padatan.

Selain itu pada proses proses pengolahan dilakukan proses koagulasi-flokulasi dengan penambahan MgO dan PAC. Penambahan MgO akan mengakibatkan pH air limbah naik. Hal ini disebabkan karena MgO akan membentuk basa berdasarkan reaksi:



Kenaikan pH tersebut akan mempengaruhi kelarutan Pb dalam air. Dimana Pb akan membentuk $\text{Pb}(\text{OH})_2$ dengan konstanta kelarutan $10^{-14,4}$.

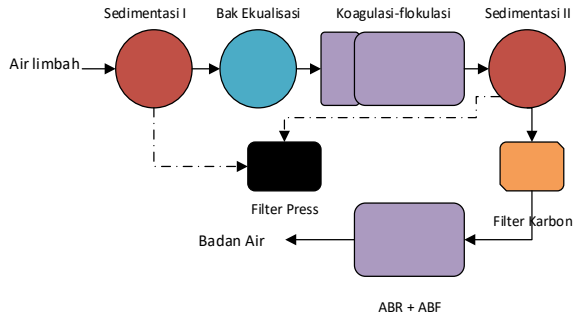
Penambahan PAC mengakibatkan terbentuknya flok yang juga membantu pengendapan presipitat $\text{Pb}(\text{OH})_2$. Reaksi PAC dengan air ditunjukkan persamaan (4.2).



Selain parameter yang telah ditetapkan oleh Pergub, desain kali ini juga berfokus pada penurunan warna. Sehingga perlu ada unit yang fokus terhadap pengolahan warna. Pada desain kali ini unit yang berfokus untuk mengolah warna adalah unit koagulasi-flokulasi dan unit filter karbon.

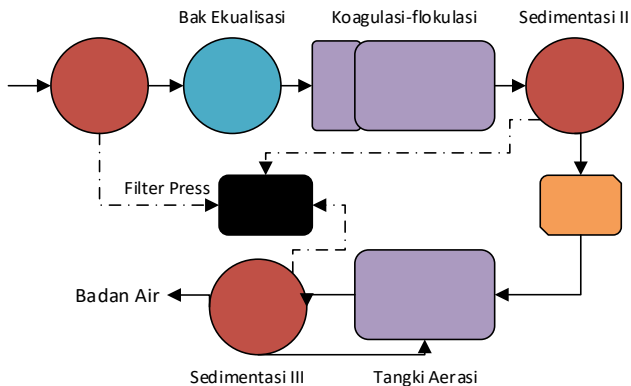
Pada desain unit IPAL digunakan 2 alternatif, yaitu:

1. Alternatif 1 pada perancangan ini terdiri dari unit prasedimentasi, bak ekualisasi, koagulasi-flokulasi, bak sedimentasi 2, ABR-ABF dan unit filter belt press.



Gambar 4.3 Alternatif 1

2. Alternatif 2 meliputi unit prasedimentasi, bak ekualisasi, koagulasi-flokulasi, bak sedimentasi 2, Tangki aerasi+sedimentasi dan unit filter belt press.



Gambar 4.4 Alternatif 2

Pemilihan unit-unit dari kedua alternatif tersebut didasarkan atas beberapa hal yaitu:

1. Sedimentasi 1

Unit pengendap diletakkan pada awal proses disebabkan karena kandungan padatan yang tinggi sehingga berpotensi menimbulkan endapan yang tinggi pada unit ekualisasi yang diletakkan selanjutnya. Selain itu pemilihan proses pengendapan pada alternative IPAL didasarkan pada hasil percobaan yang diperoleh penyisihan yang tinggi pada penurunan TSS, BOD dan COD.

2. Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi dipilih untuk mengatasi fluktuasi debit pada air limbah serta bertujuan untuk meratakan beban dengan cara meratakan debit yang dialirkan. Hal tersebut disebabkan karena pada bak ekualisasi didesain proses resirkulasi pada air limbah sehingga beban pencemar yang dialirkan tidak terlalu berfluktuatif.

3. Unit Koagulasi-Flokulasi dan Pengendapan 2

Unit koagulasi-flokulasi dipilih karena konsentrasi parameter BOD dan COD yang masih sangat tinggi sehingga perlu diolah secara fisik-kimia. Selain itu rasio BOD/COD pada air limbah setelah proses sedimentasi 1 $< 0,3$ sehingga belum bisa diolah secara biologis karena masih bersifat toksik bagi mikroorganisme (Tchobanoglous *et al.*, 2003).

Pada unit koagulasi-flokulasi dilakukan penambahan 2 jenis koagulan yaitu MgO dan PAC. Penambahan MgO selain sebagai koagulan karena Mg dalam air melepaskan ion divalen juga bertujuan untuk menaikkan pH air sehingga mempermudah penyisihan Pb dengan cara presipitasi diikuti proses sedimentasi.

4. Unit Filter Karbon

Unit filter karbon dipilih dengan tujuan untuk menurunkan warna air limbah yang masih tersisa setelah proses koagulasi-flokulasi. Selain itu adsorbs dengan filter karbon berfungsi untuk menurunkan parameter BOD dan COD yang masih tinggi dan belum dapat diolah secara biologis karena rasio BOD/COD yang belum memenuhi.

5. ABR-ABF dan Lumpur Aktif

Proses Bilogis dipilih setelah rasio BOD dan COD > 0,3 dari proses filter karbon dilakukan. Dalam desain digunakan 2 variasi pengolahan biologis yaitu dengan menggunakan sistem anaerobik (ABR-ABF) dan sistem aerobik (Lumpur aktif) yang selanjutnya dibandingkan dari segi kinerja penyisihan, BOQ&RAB dan investasi lahan.

Pemilihan kedua jenis pengolahan tersebut didasarkan pada beberapa kelebihan dan kekurangan yang dimiliki. Kelebihan dan kekurangan tiap pengolahan biologis disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Kelebihan dan Kekurangan ABR-ABF dan Lumpur Aktif

Reaktor	Kelebihan	Kekurangan
ABR-ABF	1. Tahan terhadap <i>hydraulic shock loads</i>	1. Waktu start-up lama
	2. Tidak memerlukan energi listrik	2. Memerlukan desain dan konstruksi yang rumit
	3. Biaya operasional rendah	3. Reduksi patogen dan nutrisi rendah
	4. umur operasional panjang	4. Effluent dan lumpur memerlukan penanganan lebih lanjut
	5. reduksi BOD besar	5. Memerlukan strategi pengolahan lumpur tinja

Reaktor	Kelebihan	Kekurangan
	6. Produksi lumpur kecil, lumpur telah stabil 7. Kebutuhan lahan sedang (dapat dibangun dalam tanah) 8. Mudah dioperasikan	6. Memerlukan penggelontoran 7. Panduan desain yang tetap masih belum tersedia 8. Pada media ABF berpotensi terjadi <i>clogging</i>
Lumpur Aktif	1. Tahan terhadap <i>hydraulic shock loads</i> 2. Dapat dioperasikan pada berbagai konsentrasi organik dan <i>hydraulic loading rates</i> 3. Reduksi BOD dan Patogen Tinggi 4. Memungkinkan penyisihan nutrisi 5. Dapat dimodifikasi untuk menyesuaikan batas pembuangan	1. Konsumsi energi tinggi, memerlukan suplai listrik yang konstan 2. Memerlukan modal dan biaya operasional yang tinggi 3. Memerlukan operasi dan perawatan oleh tenaga ahli 4. Sensitif terhadap bahan kimia yang rumit dan masalah mikroorganisme 5. Tidak semua suku cadang tersedia di tempat lokal

Reaktor	Kelebihan	Kekurangan
	6. Produksi lumpur kecil, lumpur telah stabil	6. Memerlukan desain dan konstruksi yang rumit
	7. Kebutuhan lahan sedang (dapat dibangun dalam tanah)	7. Effluent dan lumpur masih diperlukan pengolahan tingkat lanjut
	8. Mudah dioperasikan	

6. Unit Filter Press

Pada desain dipilih unit filter press sebagai pengolah lumpur yang dihasilkan mengingat lahan yang tersedia dalam industri terbatas, maka akan lebih efisien jika digunakan unit filter press.

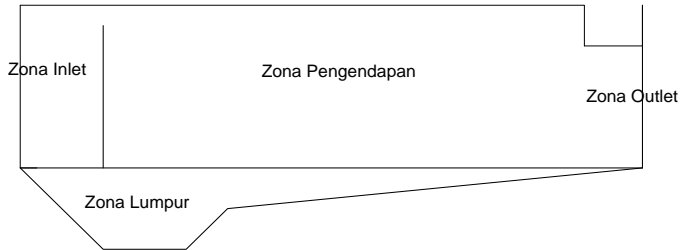
4.4 Desain Unit IPAL

Desain unit ipal dilakukan dengan mempertimbangkan kriteria desain pada tiap unit agar desain yang diperoleh dapat bekerja dengan baik. Desain setiap unit disajikan sebagai berikut

A. Desain Unit Prasedimentasi

Unit prasedimentasi didesain berdasarkan 4 zona yang ada pada unit prasedimentasi. Zona tersebut antara lain: zona inlet, zona pengendapan, zona outlet dan zona lumpur. Setiap zona didesain secara terpisah dengan tujuan agar aliran yang masuk ke dalam unit prasedimentasi dapat laminar. Zona pada bak prasedimentasi disajikan pada Gambar 4.5.

Pada desain bak prasedimentasi terlebih dahulu dilakukan uji pengendapan untuk mengetahui kemampuan penyisihan padatan yang terjadi pada proses sedimentasi. Waktu tinggal yang diperoleh dalam percobaan ini adalah 2 jam.



Gambar 4.5 Zona pada Unit Prasedimentasi

Perhitungan Unit Prasedimentasi

1). SETTLING ZONE DESIGN

- a. Q peak = 0,00023 m^3/det
- b. Jumlah bak rencana = 2 buah
- c. Q tiap bak = Q peak / jumlah bak
 $= 0,00023 \text{ m}^3/\text{detik} / 2 \text{ buah}$
 $= 0.00012 \text{ m}^3/\text{det}$
- d. OFR rencana = 45 $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{hr}$
(30 - 50) $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{hr}$
- e. A surface = Q tiap bak / OFR
 $= 0,00023 \text{ m}^3/\text{detik} * 86400 / 45$
 $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{hr}$
 $= 0,22 \text{ m}^2$
- f. Rasio panjang : lebar = 2
(1 - 7,5)
- g. Lebar = $(A \text{ surface} / 2)^{0,5}$
 $= (0,22 \text{ m}^2 / 2)^{0,5}$
 $= 0,33 \text{ m}$
 $= 1,0 \text{ m}$
- h. Panjang = $2 * \text{lebar}$
 $= 2,0 \text{ m}$

- i. Waktu detensi (td) = 2 jam
(1,5 - 2,5) jam
- j. Volume (V) = $Q * td$
= $0,00023 \text{ m}^3/\text{det} * 3600 * 2 \text{ Jam}$
= 0,83 m^3
- k. Kedalaman bak (h) = $V / A \text{ surface}$
= $0,83 \text{ m}^3 / (1 * 2) \text{ m}^2$
= 1,0 m
- l. Freeboard (fb) = 0,2 m
- m. Kedalaman bak total (H) = $h + fb$ = 1,2 m
- n. Pada T air limbah = 27 °C,
maka :
v = $8,581 \times 10^{-07} \text{ m/det}$
Vs = 45 m/hr
= 0,052083 cm/det
Specific Gravity (Ss) = 2,65
- o. D partikel terkecil yang diendapkan = $((18 * Vs * v) / (g * (Ss - 1)))^{0,5}$
= 0,00002 cm
- p. k = 0,05
f = 0,02
- q. Kecepatan penggerusan (Vsc) = $(8 * k * (Ss - 1) * g * d / f)^{0,5}$
= 0,850 cm/det
- r. Kecepatan horisontal (Vh) = $Q / (\text{lebar} * \text{kedalaman bak})$
= $0,00023 \text{ m}^3/\text{det} / (1 * 1) \text{ m}^2$
= 0,01157 cm/det

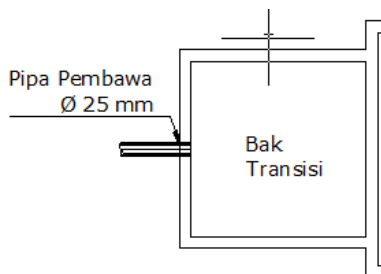
		OK	(Vh < Vs)
s.	Keliling basah (R)	= $(b \cdot h)/(b+2h)$	
		= $(1 \cdot 1)/(1+2 \cdot 1)$	
		= 0,333	m
t.	Kontrol Nre	= $Vh \cdot R/v$	
	Nre	= 44,9600826	
		OK	(Nre < 2000)
u.	Kontrol Nfr	= $Vh/((g \cdot R)^{0,5})$	
	Nfr	= 6,4005E-05	
		OK	(Nfr > 10⁻⁵)

Berdasarkan Hasil perhitungan nilai Nre dan Nfr sudah memenuhi kriteria, sehingga pada inlet saluran tidak perlu di pasang *perforated baffle*. Nilai Nre pada zona pengendapan < 2000 menunjukkan kondisi aliran laminar. Sedangkan nilai Nfr > 10⁻⁵ menunjukkan tidak ada aliran singkat dalam bak prasedimentasi.

2). INLET ZONE DESIGN

A). Bak Transisi/Bak Pengumpul

Bak transisi berfungsi menerima debit air limbah dari bak kontrol. Bak transisi juga berfungsi menurunkan energi aliran dari proses pemompaan dari bak kontrol sehingga aliran air menjadi tenang/tidak bergejolak.



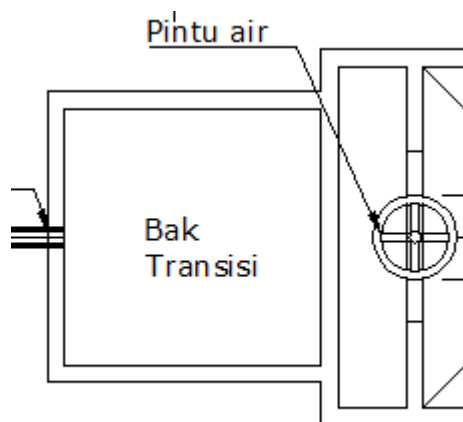
Gambar 4.4 Sketsa Denah Bak Transisi

- a. Q bak pengumpul = Q peak
= 0,00023 m³/det
- b. Lebar inlet zone = lebar settling zone
= 1,0 m
- c. Kecepatan (v) rencana = 0,15 m/det
- Dimensi bak**
- a. td rencana = 5 menit
- b. Volume (V) inlet zone = Q*td
= 0,00023 m³/det * 60 * 5 menit
= 0,06944 M³
- c. Kedalaman inlet zone (h rencana) = 0,3 m
- d. A surface = Volume / h rencana
= 0,06944 m² / 0,3 m
= 0,231481 m²
- e. Panjang inlet zone (b) = A surface ^(1/2)
= (0,231481 m²)^{0,5}
= 0,5 m
- f. Freeboard = 0,1 m
- g. Kedalaman total (H) = h+freeboard
= 0,4 m

$$\begin{aligned}
 \text{h. Kecepatan horisontal (Vh)} &= Q/(\text{lebar} \cdot \text{kedalaman}) \\
 &= 0,00023 \text{ m}^3/\text{det} / (0,5 \cdot 0,3) \text{ m}^2 \\
 &= 0,0016 \text{ m/det} \\
 \text{i. Keliling basah (R)} &= b \cdot h / (b + 2h) \\
 &= 0,134 \text{ m} \\
 \text{j. Kontrol Nre} &= Vh \cdot R / v \\
 \text{Nre} &= 249.51827 \\
 &\text{OK} \quad (\text{Nre} < 2000) \\
 \text{k. Kontrol Nfr} &= Vh / ((g \cdot R)^{0,5}) \\
 \text{Nfr} &= 0,00140136 \\
 &\text{OK} \quad (\text{Nfr} > 10^{-5}) \\
 \text{l. Headloss bak transisi} & \\
 &\quad * \text{Mayor Losses (hf)} \\
 \text{Kecepatan (v)} &= (1/n) \cdot ((b \cdot h / (b + 2h))^{(2/3)}) \cdot ((hf/L)^{0,5}) \\
 \text{Mayor losses (hf)} &= ((V \cdot n / ((b \cdot h / (b + 2h))^{(2/3)}))^2) \cdot L \\
 &= 7,6362 \times 10^{-6} \text{ m} \\
 &\quad * \text{Head Kecepatan (hv)} \\
 &= (V^2) / (2 \cdot g) \\
 &= 0,00115 \text{ m} \\
 \text{Headloss bak transisi total} &= hf + hv = 0.00115 \text{ m}
 \end{aligned}$$

B). Pintu Air

Pintu air berfungsi untuk mengontrol aliran air limbah yang masuk ke unit prasedimentasi melalui bukaan pada pintu air. Selain itu pintu air juga dapat berfungsi sebagai penghenti aliran dengan cara menutup bukaan pintu air. Hal ini berguna ketika salah satu unit prasedimentasi dibersihkan.



Gambar 4.5 Sketsa Denah Bak Pintu Air

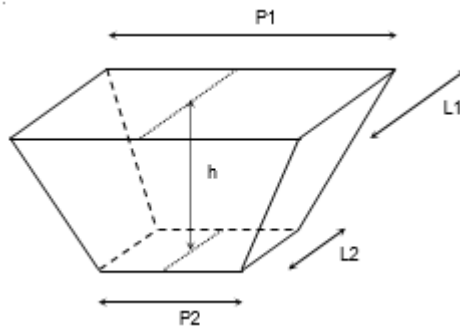
- a. Lebar pintu air rencana = 0,3 m
- (b)
- b. Jumlah pintu tiap bak prased = 1 buah
- c. Bukaannya pintu air (a)
 $Q = k \cdot u \cdot a \cdot b \cdot ((2gh)^{0,5})$
 $a = 0,0003 \text{ m}$
- d. Headloss saluran berpintu (HL)
 $= (h_f + h_v) / 3$
 $= 0,000385 \text{ m}$
- e, Headloss pintu air (HL)
 $= \text{HL saluran berpintu} / (1 - (0,99^2))$
 $= 0,0193 \text{ m}$

3). Zona Lumpur

Zona lumpur didesain untuk menampung lumpur yang dihasilkan dari proses sedimentasi. Adapun pertimbangan yang digunakan dalam desain ruang lumpur antara lain:

- Produksi lumpur.
- Waktu pengurasan.
- Efektivitas dalam pembersihan/pengurasan.

Zona lumpur yang didesain sebisa mungkin tidak menggunakan atau mengganggu zona pengendapan. Hal tersebut dilakukan agar efisiensi zona pengendapan tidak terganggu. Sketsa ruang lumpur disajikan pada Gambar 4.8.



Gambar 4.6 Sketsa Penampung Ruang Lumpur

- Dari perhitungan mass balance diperoleh :

- Kualitas air limbah yang masuk
prasedimentasi :

BOD	=	8300	mg/l
COD	=	45384	mg/l
TSS	=	41000	mg/l

- Removal yang terjadi :

BOD	=	77,1	%
COD	=	78,8	%
TSS	=	99,5	%

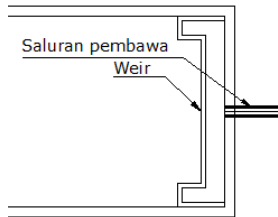
- b. Specific gravity = 2,65
- c. Density solid = 2,65 gr/cm³
- d. Density air = 1 gr/cm³
- e. Lumpur mengandung :
- kadar air = 94 %
 - kadar solid = 6 %
- f. Q bak = 0,00012 m³/det
- g. Removal TSS / TSS yg terendapkan (TSSr) tiap bak
- TSSr = % removal * TSS awal * Q bak
- = 407,94 kg/hari
- h. Berat jenis lumpur
- Density = (Density SS * 6%) + (Density air * 94%)
- = 1,099 gr/cm³
- = 1099 kg/cm³
- i. Volume lumpur (Vol) = (Berat SS+Berat air)/Density lumpur
- = 6,1865 m³/hari
- j. Volume Lumpur/bak = Vlumpur/jumlah bak
- = 3,0933 m³/hari
- *Dimensi ruang lumpur*
- Direncanakan bentuk limas terpancung dipasang dekat inlet
- k. Slope pada ruang lumpur = 45°
- (30 - 50)°**
- l. Lebar permukaan = Lebar settling zone limas (L)

	=	1,0	m
m. Lebar dasar limas (L')	=	0,1	m
n. Panjang permukaan limas (P)	=	1,0	m
o. Panjang dasar limas (P')	=	0,1	m
p. Luas permukaan limas (A)	=	$L * P$	
	=	1,000	m^2
q. Luas dasar limas (A')	=	$L' * P'$	
	=	0,01	m^2
r. tinggi	=	0,3	m
s. Jumlah kompartemen	=	1	buah
t. Volume	=	$t*(A+A'+((A*A')^{0,5}))/3$	
	=	0,111	m^3
u. Periode pengurasan	=	$V_{\text{lumpur per hari}}/V_{\text{ruang lumpur}} * \text{jumlah Bak}$	
	=	14	Kali

4). Zona Outlet

Zona outlet perlu didesain agar aliran yang akan keluar dari bak prasedimentasi tidak menimbulkan gejala di zona pengendapan. Jika hal tersebut terjadi maka partikel yang akan diendapkan akan terangkat ke atas sehingga akan terbawa melalui saluran pengendapan. Sehingga perlu didesain pelimpah

sehingga aliran yang akan keluar ke unit selanjutnya tidak menimbulkan gejolak pada aliran yang mengakibatkan terjadinya aliran pendek.



Gambar 4.3 Sketsa Weir Prasedimentasi

- a. Q bak = 0,00023 m3/det
- b. Weir = 124 m3/m.hr
loading
rencana
 $Q < 44 \text{ l/dtk} = 124 \text{ m3/m.hr}$
- c. Bentuk = jenis U weir
pelimpah
- d. Panjang = Q/weir loading
total weir
(Ltot)
= 0,17 m

**Dimensi gutter/saluran pelimpah*

- e. Lebar tiap = 0,05 m
gutter (b)
- f. Kedalaman gutter (h)
 $Q = 1,375 \cdot b \cdot (h^{1,5})$
 $h = (Q / (1,375 \cdot b))^{(2/3)}$
 = 0,036 m
 freeboard = 0,1 m
 h total = h+freeboard = 0,136 m

- g. Tinggi air di atas pelimpah
(H)

$$Q = 1,84 \cdot L \cdot H^{1,5}$$

$$H = (Q / (1,84 \cdot L_{tot}))^{2/3}$$

$$= 0,01 \quad \text{m}$$
- h. Panjang
 tiap
 pelimpah

$$= 1,0 \quad \text{m}$$
- i. WLR

$$= Q / L_{tot}$$

$$= 40,000 \quad \text{m}^3/\text{m} \cdot \text{hr}$$

B. Desain Unit Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi berfungsi untuk meratakan beban organik dengan cara meratakan debit aliran yang masuk ke pengolahan tahap kedua. Selain itu bak ekualisasi juga mencegah terjadinya *hydraulic* dan *organic shock loading* pada pengolahan biologis.

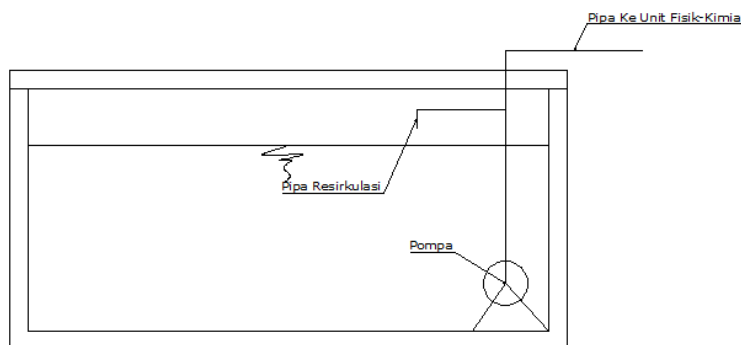
Bak ekualisasi diletakkan setelah bak pengendap I dengan fungsi sebagai penerima debit dari bak pengendap I (*inline equalization*). Dengan tujuan agar debit dan beban yang dihasilkan seragam dibandingkan jika diletakkan secara *offline equalization*.

Keuntungan dari penempatan bak ekualisasi setelah bak pengendap I adalah lebih menghasilkan sedikit masalah terhadap timbulnya endapan atau buih (Metcalf dan Eddy, 2003). Sehingga dengan penempatan tersebut akan lebih efisien dalam segi perawatan.

1. Menentukan volume bak ekualisasi
- a. menentukan fluktuasi air limbah masuk.

Adapun data air limbah per jam yang dihasilkan harus diperoleh melalui pengukuran dilapangan. Namun dalam desain ini tidak dapat dilakukan karena terkendala perijinan sehingga persentase debit per jam diperoleh melalui komparasi data debit industri yang memiliki jam operasional yang sama. Data fluktuasi debit air limbah disajikan pada Tabel 4.3.

Perhitungan Bak Ekualisasi



Gambar 4.8 Sketsa Potongan Bak Ekualisasi

2. Menentukan volume bak ekualisasi
- a. menentukan fluktuasi air limbah masuk.

Adapun data air limbah per jam yang dihasilkan harus diperoleh melalui pengukuran dilapangan. Namun dalam desain ini tidak dapat dilakukan karena terkendala perijinan sehingga persentase debit per jam diperoleh melalui komparasi data debit industri yang memiliki jam operasional yang sama. Data fluktuasi debit air limbah disajikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Fluktuasi Debit Air Limbah PT.X

Jam	% Air Limbah Masuk*	Debit Limbah Masuk (m ³ /jam)
10.00-11.00	6,67	0,67
11.00-12.00	4,33	0,43
12.00-13.00	6,64	0,66
13.00-14.00	4,38	0,44
14.00-15.00	3,87	0,39

Jam	% Air Limbah Masuk*	Debit Limbah Masuk (m³/jam)
15.00-16.00	4,05	0,40
16.00-17.00	5,64	0,56
17.00-18.00	4,10	0,41
18.00-19.00	4,56	0,46
19.00-20.00	2,75	0,28
20.00-21.00	5,16	0,52
21.00-22.00	4,36	0,44
22.00-23.00	2,77	0,28
23.00-24.00	1,85	0,19
24.00-01.00	4,38	0,44
01.00-02.00	5,16	0,52
02.00-03.00	3,12	0,31
03.00-04.00	2,25	0,22
04.00-05.00	3,75	0,38
05.00-06.00	2,82	0,28
06.00-07.00	3,62	0,36
07.00-08.00	6,46	0,65
08.00-09.00	3,54	0,35
09.00-10.00	3,75	0,38
	100	10.00

*Sumber: Dewiandratika,2007

b. menghitung volume bak ekualisasi

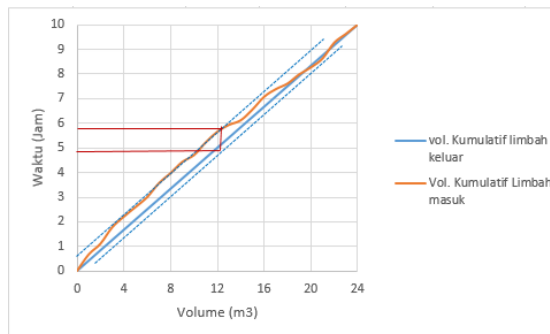
Dalam menghitung volume air bak ekualisasi perlu dibuat tabulasi debit kumulatif air limbah masuk dan air limbah yang dialirkan. Selanjutnya dibuat grafik antara waktu terhadap volume kumulatif.

Tabel 4.4 Perhitungan Volume Bak Ekualisasi

Jam	Debit limbah masuk (m3/jam)	Volumeair limbah kumulatif tiap jam (m3)	Volume air limbah rata- rata tiap jam (m3)	Volume air limbah rata-rata kumulatif (m3)
24.00-01.00	0,67	0,67	0,42	0,42
01.00-02.00	0,43	1,10	0,42	0,83
02.00-03.00	0,66	1,76	0,42	1,25
03.00-04.00	0,44	2,20	0,42	1,67
04.00-05.00	0,39	2,59	0,42	2,08
05.00-06.00	0,40	2,99	0,42	2,50
06.00-07.00	0,56	3,56	0,42	2,92
07.00-08.00	0,41	3,97	0,42	3,33
08.00-09.00	0,46	4,42	0,42	3,75
09.00-10.00	0,28	4,70	0,42	4,17
10.00-11.00	0,52	5,22	0,42	4,58
11.00-12.00	0,44	5,65	0,42	5,00
12.00-13.00	0,28	5,93	0,42	5,42
13.00-14.00	0,19	6,11	0,42	5,83
14.00-15.00	0,44	6,55	0,42	6,25
15.00-16.00	0,52	7,07	0,42	6,67
16.00-17.00	0,31	7,38	0,42	7,08
17.00-18.00	0,22	7,60	0,42	7,50
18.00-19.00	0,38	7,98	0,42	7,92
19.00-20.00	0,28	8,26	0,42	8,33
20.00-21.00	0,36	8,62	0,42	8,75
21.00-22.00	0,65	9,27	0,42	9,17

Jam	Debit limbah masuk (m ³ /jam)	Volume air limbah kumulatif tiap jam (m ³)	Volume air limbah rata-rata tiap jam (m ³)	Volume air limbah rata-rata kumulatif (m ³)
22.00-23.00	0,35	9,62	0,42	9,58
23.00-24.00	0,38	10,00	0,42	10,00
Rata-Rata	0,42			

Berdasarkan Tabel 4.5 selanjutnya dibuat grafik hubungan antara waktu terhadap volume kumulatif. Grafik hubungan antara waktu terhadap volume kumulatif disajikan Gambar 4.5.



Gambar 4.9 Grafik Penentuan Volume Bak Ekualisasi

Volume bak ekualisasi direpresentasikan oleh garis tegak pada grafik. Diperoleh volume bak ekualisasi :

$$\text{Volume} = 5,9 \text{ m}^3 - 4,9 \text{ m}^3 = 1 \text{ m}^3$$

Direncanakan kedalaman bak ekualisasi 0,5 m.

$$A_s = V/H$$

$$= 1/1$$

$$= 1 \text{ m}^2$$

Ditentukan rasio $p:l = 2:1$

$$L = (1/2)^{0.5}$$

$$= 1 \text{ m}$$

$$P = 2 \times 1 \text{ m} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Freeboard} = 0,3 \text{ m}$$

$$H_{\text{total}} = 1.3 \text{ m}$$

Jadi luas lahan yang diperlukan untuk bak ekualisasi adalah 1 m^2 .

3. Menentukan pompa

Perhitungan pompa diperlukan untuk mengetahui karakteristik pompa dan aksesoris yang dibutuhkan. Pompa berfungsi untuk mengalirkan air secara konstan dari bak ekualisasi ke unit IPAL selanjutnya. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perhitungan pompa adalah sebagai berikut.

- Debit yang digunakan dalam perancangan adalah 2 kali debit rata-rata. Hal ini dikarenakan setengah debit pompa akan diresirkulasi sehingga terjadi pencampuran sehingga kualitas limbah akan relative sama.
- Kecepatan aliran dalam pipa $< 2 \text{ m/detik}$ untuk mencegah penggerusan dalam pipa.
- Pompa yang digunakan adalah pompa *submersible* untuk air limbah.

Perhitungan Pompa

- $Q = 0,00024 \text{ m}^3/\text{det.}$
- v. Asumsi $= 0,5 \text{ m/det}$
- Jumlah Pompa $= 1 \text{ buah}$
- $Q \text{ tiap pompa} = Q/\text{jumlah pompa}$
 $= 0,000024 \text{ m}^3/\text{det}/1 \text{ buah}$

$$= 0,00024 \text{ m}^3/\text{det}$$

e. Luas Penampang (A) = Q/v

$$= 0,00024/0,5$$

$$= 0.00046 \text{ m}^2$$

f. Diameter Pipa = $(4 \cdot A / 3.14)^{1/2}$

$$= (4 \cdot 0,00046 / 3,14)^{1/2}$$

$$= 0.025 \text{ m}$$

$$= 25 \text{ mm}$$

Perhitungan Head Pompa

a. Head Statis (Hs) = 1 m

b. Hf mayor = Hf discharge

$$= \left(\frac{Q}{0,00155 \times c \times d^{2,63}} \right)^{1,85} \times L$$

$$= \left(\frac{0,24}{0,00155 \times 120 \times 2,5^{2,63}} \right)^{1,85} \times 2$$

$$= 0,037 \text{ m}$$

c. Hf minor = Hf Bend 90 + Hf Tee + Hf Kecepatan

$$= (0,5 + 0,9 + 1) \cdot v^2 / 2g$$

$$= (0,5 + 0,9 + 1) \cdot 0.5^2 / 2 \cdot 9,81$$

$$= 0,031 \text{ m}$$

d. Head pompa = Hs + Hf mayor + Hf minor + Sisa tekan

$$= 1 + 0,037 + 0,031 + 0,3$$

$$= 1,37 \text{ m}$$

Berdasarkan hasil perhitungan head pompa yang diperlukan adalah 1,37 m. Jenis pompa yang digunakan adalah pompa submersible air limbah dengan kode SEG.A15.20.R1.2.1.603 – 98682359 dari produsen pompa Grundfoss.

C. Desain Unit Bak Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi 2

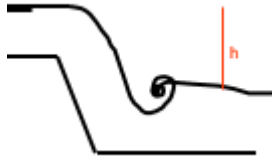
Bak koagulasi berfungsi untuk meratakan atau mendispersikan koagulan dalam air limbah. Adapun koagulan yang digunakan dalam desain kali ini adalah PAC (*Poly Aluminum Chloride*). Selain itu terdapat penambahan MgO yang berfungsi untuk menurunkan pH air limbah. Bak koagulasi didesain berbentuk terjunan. Pembubuhan koagulan dilakukan sebelum air limbah jatuh ke bak penampung.

Air limbah yang telah mengalami proses pengadukan cepat selanjutnya dilakukan pengadukan lambat. Pengadukan lambat bertujuan untuk membentuk flok. Pada desain IPAL digunakan tiga tahapan pengadukan lambat dengan gradient kecepatan menurun. Hal ini bertujuan agar flok yang terbentuk dapat bergabung dengan flok yang lain, sedangkan gradient kecepatan yang menurun bertujuan agar flok yang dihasilkan tidak pecah.

Pada desain IPAL, pengadukan lambat digunakan sistem *hydraulic jet flokulator* (HJF). Pada sistem ini pengadukan berlangsung pada penyempitan penampang saluran. Penyempitan penampang saluran berupa *perforated baffle*. Gradient kecepatan pengadukan diatur melalui jumlah bukaan (lubang) yang ada pada *baffle*.

Flok yang telah terbentuk diendapkan menggunakan bak sedimentasi. Bak sedimentasi didesain berdasarkan empat zona yang ada pada bak sedimentasi. Zona-zona yang didesain antara lain zona inlet, zona pengendapan, zona outlet dan zona lumpur.

Untuk menentukan dosis pembubuhan dilakukan uji jarrest terhadap supernatan hasil *uji imhoff cone*. Berdasarkan hasil jarrest diperoleh dosis pembubuhan untuk MgO adalah 35 mg/L. Sedangkan dosis pembubuhan PAC adalah 240 mg/L. Hasil uji kualitas air limbah setelah jarrest disajikan pada Lampiran A.



Gambar 4.10 Sketsa Pengadukan Cepat dengan Terjunan

Perhitungan Bak Pengaduk Cepat

Direncanakan:

- | | | |
|---------------------------------|--------------------------|-----------------------|
| a. Jumlah bak | = 1 | buah |
| b. Qave | = 0,00012 | m ³ /detik |
| c. Direncanakan suhu air : 30°C | | |
| μ | = 0,0008004 | N.s/m ² |
| ν | = 8,039x10 ⁻⁷ | m ² /s |
| ρ | = 0,99568 | gram/cm ³ |
| | = 995,68 | kg/m ³ |
| g | = 9,81 | m/s ² |
| d. Gradien kecepatan (G) | = 600 | /detik |
| e. Waktu detensi (td) | = 30 | m |
| f. kedalaman bak | = 0,1 | m |

Perhitungan tinggi terjunan:

- | | | |
|---------------|----------------------------------|----------------|
| a. Volume bak | = Q*td | |
| | = 0,00012 m ³ /s*30 s | |
| | = 0,003 | m ³ |

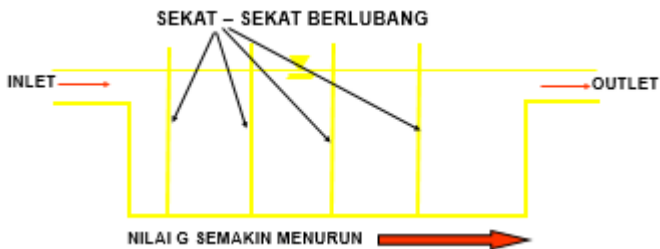
Untuk memperoleh nilai G rencana maka:

- | | | |
|-------------|---|---|
| b. Hjatuhan | = (G ² *μ*td)/(ρ*g) | |
| | = $\frac{(600/\text{detik})^2 * 0,00080004 \text{ N.s/m}^2 * 30 \text{ s}}{995,68 \text{ kg/m}^3 * 9,81 \text{ m/s}^2}$ | |
| | = 1 | m |

- c. A surface bak = Volume/kedalaman bak
 = $0,003 \text{ m}^3 / 0,1 \text{ m}$
 = 0,035 m^2
- d. Rasio panjang:lebar = 1
- e. Panjang bak (P) = $A_{\text{surface}}^{1/2}$
 = $0,035^{0,5}$
 = 0,2 m

Perhitungan bak penampung dari ekualisasi:

- a. td rencana = 20 detik
- b. Volume = $Q \cdot t_d$
 = $0,00012 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 30 \text{ s}$
 = $0,002314815 \text{ m}^3$
- c. Kedalaman rencana = 0,1 m
- d. Rasio panjang:lebar = 1
- e. A surface bak = Volume/kedalaman bak
 = $0,003 \text{ m}^3 / 0,1 \text{ m}$
 = $0,023148148 \text{ m}^2$
- f. Panjang (P) = $A_{\text{surface}}^{1/2}$
 = $0,035^{0,5}$
 = 0,2 m



Gambar 4.11 Sketsa Potongan *Hydraulic Jet Flocculator*

Perhitungan Pengaduk Lambat

Direncanakan *hydraulic jet flocculator*

- a Jumlah bak = 1 buah
- b Q_{ave} = 0,00012 $m^3/detik$
- c. Gradien kecepatan rencana (G):
- Kompartemen 1 = 50 /detik
- Kompartemen 2 = 40 /detik
- Kompartemen 3 = 25 /detik
- d Waktu detensi rencana (td):
- Kompartemen 1 = 5 menit
- Kompartemen 2 = 5 menit
- Kompartemen 3 = 5 menit
- e H bak rencana = Kedalaman bak koagulasi
- = 0,5 m
- f koefisien gesek (f) = 0,3
- g td total = td komp.1+td komp.2+td komp.3
- = 15 menit
- = 900 detik
- h Volume total bak = $Q_{ave} \times td$ total
- = 0,1041 m^3
- i A surface total = Volume total bak/H bak
- = 0,20833333 m^2
- j. Rasio Panjang:lebar = 3
- k. Lebar flokulator = $(A_{surface}/3)^{(1/2)}$
- = 0,3 m
- l. Panjang flokulator = Lebar flokulator *3
- = 0,9 m
- m Jari-jari hidrolis (R) = A/K

		$= (l \cdot h) / (2h + l)$	
		$= 0,11538461$	m
n	Luas Baffle	$= \text{Lebar flokulator} \cdot \text{kedalaman bak}$	
.		$= 0,15$	m ²
o	Diameter rencana	$= 1,25$	cm
.	lubang (d)	$= 0,0125$	m
	Luas Lubang	$= 0,00012265$	m ²
p	Kecepatan melalui	$= 0,6$	m/s
.	lubang (v)		
q	Voume tiap	$= V/3$	
.	kompartemen	$= 0,03472222$	m ³
r.	Headloss tiap kompartemen:	$(G^2 \cdot \mu \cdot t d) / (\rho \cdot g)$	
	H Kompartemen 1	$= 0,06$	m
	H Kompartemen 2	$= 0,04$	m
	H kompartemen 3	$= 0,02$	m
s.	koefisien orifice	$= 0,65$	(0,65-0,8)
t.	Luas total orifice	$= ((Q/C)^{2 \cdot 1} / (2 \cdot g \cdot \text{headloss kompartemen}))^{0.5}$	
	A orifice komp.1	$= 0,0057$	ft ²
		$= 0,0005$	m ²
	A orifice komp.2	$= 0,0071$	ft ²
		$= 0,0006$	m ²
	A orifice komp.3	$= 0,0114$	ft ²
		$= 0,0010$	m ²
u	Jumlah ofifice (N)	$= A_{\text{total orifice}} / A_{\text{orifice}}$	
.			
	N Kompartemen 1	$= 4$	buah
	N Kompartemen 2	$= 6$	buah
	N Kompartemen 3	$= 9$	buah
	<i>*Susunan Lubang Pada Baffle</i>		
w	Perbandingan	$= 4$	
.	jumlah lubang (L:h)		

x.	Jumlah lubang pada h (vertikal)	=	$(n / 4)^{0,5}$	
	kompartemen 1	=	2	buah
	kompartemen 2	=	3	buah
	kompartemen 3	=	3	buah
y.	Jumlah lubang pada L (horisontal)	=	4*lubang pada h	
	Kompartemen 1	=	2	Buah
	Kompartemen 2	=	3	
	Kompartemen 3	=	3	
z.	Jarak antar lubang vertikal (Sv)	=	$\frac{(h \text{ baffle} - (\text{jml vertikal} * d))}{(\text{jml lubang vertikal} + 1)}$	
	Kompartemen 1	=	16	cm
	Kompartemen 2	=	12	cm
	Kompartemen 3	=	12	cm
	Jarak antar lubang horisontal (Sh)	=	$\frac{(L \text{ baffle} - (\text{jml horisontal} * d))}{(\text{jml lubang horisontal} + 1)}$	
	Kompartemen 1	=	9	cm
	Kompartemen 2	=	7	cm
	Kompartemen 3	=	7	cm

Perhitungan Unit Sedimentasi

1). SETTLING ZONE DESIGN

a.	Q peak	=	0,00012	m ³ /det
b.	Jumlah bak rencana	=	1	buah
c.	Q tiap bak	=	Q peak / jumlah bak	
		=	0,00012	M ³ /det
d.	OFR rencana	=	30	m ³ /m ² .hr
		=	(30 - 50)	m³/m².hr
e.	A surface	=	Q tiap bak / OFR	
		=	0,33	m ²
g.	Lebar	=	(A surface / 2) ^{0,5}	

	=	0,8	m
h. Panjang	=	$A_{\text{surface}}/\text{lebar}$	
	=	1,6	m
i. Waktu detensi (td)	=	2	jam
		(1,5 - 2,5) jam	
j. Volume (V)	=	$Q * t_d$	
	=	0,83	m^3
k. Kedalaman bak (h)	=	V / A_{surface}	
	=	0,7	m
l. Freeboard (fb)	=	0,2	m
m. Kedalaman bak total (H)	=	$h + fb$	
	=	0,9	m
n. Pada T air limbah = 27 °C, maka :			
v	=	$8,581 \times 10^{-7}$	m/det
Vs	=	30	m/hr
	=	0,034722	cm/det
Specific Gravity (Ss)	=	2,65	
o. D partikel terkecil yang diendapkan	=	$((18 * V_s * v) / (g * (S_s - 1)))^{0,5}$	
	=	0,00002	cm
p. k	=	0,05	
f	=	0,02	
q. Kecepatan penggerusan (Vsc)	=	$(8 * k * (S_s - 1) * g * d / f)^{0,5}$	
	=	0,768	cm/det
r. Kecepatan horisontal (Vh)	=	$Q / (\text{lebar} * \text{kedalaman bak})$	
	=	0,02222	cm/det
	OK	(Vh < Vs)	

- e. Lumpur mengandung:
- kadar air = 94 %
 - kadar solid = 6 %
- f. Q bak = 0,00012 m³/det
- g. Removal TSS / TSS yg terendapkan (TSSr) tiap bak
- TSSr = (% removal * TSS awal + Massa koagulan) * Q bak
 - = 3,13872 kg/hari
- h. Berat jenis lumpur
- Density = (Density SS * 6%) + (Density air * 94%)
 - = 1,099 gr/cm³
 - = 1099 kg/cm³
- i. Volume lumpur (Vol)
- = (Berat SS+Berkas air)/Density lumpur
 - = 0,0476 m³/hari
- *Dimensi ruang lumpur*
- Direncanakan bentuk limas terpancung dipasang dekat inlet
- j. Periode pengurasan lumpur = 3 Per minggu
- k. Slope pada ruang lumpur = 45 °
- l. Lebar permukaan limas (L)
- = Lebar settling zone
 - = 0,800 m
- m. Lebar dasar limas (L')
- = 0,2 m
- n. Panjang permukaan limas (P)
- = 1,0 m
- o. Panjang dasar limas (P')
- = 0,2 m

- p. Luas permukaan limas (A) = $L * P$
= 0,800 m²
- q. Luas dasar limas (A') = $L' * P'$
= 0,04 m²
- r. Volume tinggi (t) = $t * (A + A' + ((A * A')^{0,5})) / 3$
= $Vol * 3 / (A + A' + ((A * A')^{0,5}))$
= 0,400 m
- Pengurasan lumpur dilakukan menggunakan pompa lumpur
- s. Q yang direncanakan = 10 l/det
= 0,01 m³/det
- u. Waktu (t) pengurasan per hari = Volume / Q
= 4,7600 detik
= 0,079 menit

4). **OUTLET ZONE DESIGN**

- a. Q bak = 0,000115741 m³/det
- b. Weir loading rencana = 186 m³/m.hr
- c. Bentuk pelimpah = jenis U weir
- d. Panjang total weir (Lt_{tot}) = Q/weir loading
= 0,053763 m

**Dimensi gutter/saluran pelimpah*

- e. Lebar tiap gutter (b) = 0,05 m
- f. Kedalaman gutter (h) Q = $1,375 * b * (h^{1,5})$

h	=	$(Q/(1,375*b))^{(2/3)}$	
	=	0,014	m
freeboard	=	0,2	m
h total	=	h+freeboard	
	=	0,214	m
g. Tinggi air di atas pelimpah (H)			
Q	=	$1,84*L_{tot}*(H^{1,5})$	
H	=	$(Q/(1,84*L_{tot}))^{(2/3)}$	
	=	0,01	m
h. Panjang tiap pelimpah	=	1	m
i. Jumlah pelimpah	=	1	buah
j. L tot	=	1	m
k. WLR	=	Q/L tot	
	=	10,000	m ³ /m.hr

Perhitungan Bangunan Pembubuh

Pembubuh bahan kimia yang didesain terdiri atas 2 jenis yaitu pembubuh MgO dan Pembubuh PAC. Pembubuh MgO didesain dengan adanya pelarutan MgO sehingga diperlukan 2 buah bak untuk agar pembubuhan dapat berlangsung secara kontinyu. Sedangkan untuk pembubuh PAC didesain pada satu bak. Hal ini disebabkan PAC yang digunakan dalam fasa cair.

1). Pembubuh PAC

Diketahui :

a. Dosis PAC	=	250	mg/l
b. Densitas PAC (p)	=	1,2	kg/cm ³
c. Jumlah Bak	=	1	buah
d. Debit Bak Pengaduk Cepat (Q)	=	0,000115741	M ³ /det
e. Bak Berbentuk lingkaran			
f. Kedalaman (h)	=	0,5	m
g. Kadar PAC	=	10	%

Dimensi Bak:

- a. Kebutuhan PAC (W) = Dosis PAC*Q
 = 250 mg/L * 0,00012 m³/det
 = 2,5 kg/hari
- b. Volume PAC = W/p
 = 2,5 kg/hari / 1,2 kg/cm³
 = 2,1 cm³
 = 0,0021 m³
- c. Volume Larutan = Volume PAC/% PAC
 = 0,0021 m³ / 10 %
 = 0,021 m³
- d. Luas Permukaan (As) = Volume larutan/kedalaman bak
 = 0.021 m³ / 0.5 m
 = 0.042 m²
- e. Diameter bak = (As*4/3.14)^{0.5}
 = (0.042*4/3.14)^{0.5}
 = 0,24 m
- Diameter digunakan = 0,5 m

Desain pipa penyalur PAC dengan dosing pump:

- a. v rencana = 1 m/det
- b. Lama penginjeksian = 24 Jam
- c. Q injeksi = V larutan / Waktu Injeksi
 = 0,021 m³/24 Jam
 = 0,000875 m³/jam
 = 2,43056x10⁻⁷ m³/detik
- d. A pipa = Q injeksi/ v rencana
 = 0,00000024 m³/detik / 1 m/det

$$\begin{aligned}
 &= 2,43056 \times 10^{-7} \text{ m}^2 \\
 \text{e. Diameter pipa} &= (A_s \cdot 4/3,14)^{0.5} \\
 &= (0,00000024 \cdot 4/3,14)^{0.5} \\
 &= 0,000556439 \text{ m} \\
 &= 0,556439495 \text{ mm} \\
 \text{Diameter terpakai} &= 1 \text{ mm} \\
 \text{f. Cek } v &= Q/A \\
 &= 0,00000024 / (3,14 \cdot 0,25 \cdot (0,001^2)) \\
 &= 0,31 \text{ m/det}
 \end{aligned}$$

Desain kebutuhan pompa :

$$\begin{aligned}
 \text{g. } h_f &= ((Q / (0,2785 \cdot C \cdot (D^{2,63})))^{1,85}) \cdot L \\
 &= 1,0 \text{ m} \\
 \text{h. } H_{\text{total}} &= H_s + H_f + \text{Sisa Tekan} \\
 &= 1 + 1 + 0,5 \text{ m} \\
 &= 2,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

2). Pembubuh MgO

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 \text{a. Dosis MgO} &= 35 \text{ mg/l} \\
 \text{b. Densitas MgO (p)} &= 1,4 \text{ kg/cm}^3 \\
 \text{c. Jumlah Bak} &= 2 \text{ Buah} \\
 \text{d. Debit Bak Pengaduk Cepat (Q)} &= 0,000116 \text{ m}^3/\text{det} \\
 \text{e. Bak berbentuk lingkaran} & \\
 \text{f. Kedalaman (h)} &= 0,5 \text{ m} \\
 \text{g. Kadar MgO} &= 99 \% \\
 \text{h. Kadar MgO dalam Larutan} &= 6 \% \\
 \text{i. Kadar air} &= 94 \% \\
 \text{j. Densitas air} &= 1,2 \text{ kg/cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{k. Densitas larutan} &= \% \text{air} \cdot \rho_{\text{air}} + \% \text{MgO} \cdot \rho_{\text{MgO}} \\ &= 1,212 \quad \text{kg/cm}^3 \end{aligned}$$

Dimensi Bak:

$$\begin{aligned} \text{a. Kebutuhan MgO (W)} &= \text{Dosis MgO} \cdot Q \\ &= 250 \text{ mg/L} \cdot 0,00012 \text{ m}^3/\text{det} \\ &= 0,35 \quad \text{kg/hari} \\ \text{Kebutuhan per Bak} &= 0,175 \quad \text{kg/hari} \\ \text{b. Massa MgO} &= W / \% \text{MgO/p} \\ &= 0,35 \text{ kg/hari} / 99\% \\ &= 0,20 \quad \text{kg} \\ \text{c. Massa Larutan} &= \text{Massa MgO} / \% \text{MgO dalam air} \\ &= 3 \quad \text{kg} \\ \text{c. Volume Larutan} &= \text{Massa larutan} / \rho_{\text{larutan}} \\ &= 3 \text{ kg} / 1,212 \text{ kg/l} \\ &= 3 \quad \text{L} \\ \text{d. Luas Permukaan (As)} &= \text{Volume larutan} / \text{kedalaman bak} \\ &= 3 \text{ L} / 0,5 \text{ m} \\ &= 0,0028 \quad \text{m}^2 \\ \text{e. diameter} &= (As \cdot 4/3,14)^{0,5} \\ &= (0,0028 \cdot 4/3,14)^{0,5} \\ &= 0,24 \quad \text{m} \end{aligned}$$

Desain pipa penyalur MgO dengan dosing pump:

$$\begin{aligned} \text{a. } v_{\text{rencana}} &= 1 \quad \text{m/det} \\ \text{b. Lama penginjeksian} &= 24 \quad \text{Jam} \\ \text{c. } Q_{\text{injeksi}} &= V_{\text{larutan}} / \text{Waktu Injeksi} \\ &= 0,021 \text{ m}^3/24 \text{ Jam} \\ &= 0,233773 \quad \text{m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 6,49 \times 10^{-5} \quad \text{m}^3/\text{detik} \\
 \text{d. } A \text{ pipa} &= Q \text{ injeksi} / v \text{ rencana} \\
 &= 0,00000024 \quad \text{m}^3/\text{detik} / 1 \text{ m/det} \\
 &= 6,49 \times 10^{-5} \quad \text{m}^2 \\
 \text{e. Diameter pipa} &= (As \cdot 4/3, 14)^{0.5} \\
 &= (0,00000024 \cdot 4/3, 14)^{0.5} \\
 &= 0,009095 \quad \text{m} \\
 &= 9,095183 \quad \text{mm} \\
 \text{Diameter terpakai} &= 10 \quad \text{mm} \\
 \text{f. Cek } v &= Q/A \\
 &= 0,00000024 / (3,14 \cdot 0,25 \cdot (0,001^2)) \\
 &= 0,83 \quad \text{m/det}
 \end{aligned}$$

Desain kebutuhan pompa :

$$\begin{aligned}
 \text{g. } h_f &= ((Q / (0,2785 \cdot C \cdot (D^{2.63})))^{1.85}) \cdot L \\
 &= 0,4 \quad \text{m} \\
 \text{h. } H_{\text{total}} &= H_s + H_f + \text{Sisa Tekan} \\
 &= 1 + 0,4 + 0,5 \quad \text{m} \\
 &= 1,9 \quad \text{m}
 \end{aligned}$$

D. Desain unit Bak Filter karbon

Bak karbon aktif berfungsi sebagai unit yang berfungsi untuk menghilangkan sisa warna yang tidak tereduksi pada unit koagulasi-flokulasi. Selain itu, unit filter karbon juga berfungsi mengurangi konsentrasi dari zat organik yang ada pada air limbah. Pada perancangan unit filter karbon digunakan media GAC dari tempurung batok kelapa sebagai unit adsorpsi. Hasil analisa filter karbon disajikan pada Lampiran A.

Pada desain digunakan data percobaan filter karbon yang dilakukan oleh Firmansyah (2016). Berikut adalah data yang digunakan serta perhitungan unit filter karbon yang digunakan.

Perhitungan

Direncanakan:

a.	Q rencana	=	10	m ³ /hari
		=	0,42	m ³ /jam
		=	0,00012	m ³ /detik
b.	densitas arang (p)	=	550	kg/m ³
c.	Volume treated/kg arang	=	0,05	m ³ /kg
d.	vb	=	0,02	m ³
e.	Massa karbon	=	0,4	kg
f.	Diameter reaktor	=	300	mm
g.	Panjang	=	3	m

Perhitungan:

a.	M	=	Q/vb/massa karbon
		=	10 m ³ /hari/0,02 m ³ /0,4 kg
		=	1250 kg
b.	Mt	=	Volume treated/kg/Q
		=	0,05 m ³ /kg/0,42 m ³ /jam
		=	0,120 kg/jam
c.	Waktu Breakthrough (T)	=	M/Mt
		=	1250 kg/0,120kg/jam
		=	10416,7 jam
		=	434 hari
d.	Volume Total	=	M/ps
		=	1250 kg/550 m ³ /kg
		=	2 m ³
e.	V per reaktor	=	0,25*3,14*(d ²)
		=	0,1 m ³
f.	Kebutuhan Reaktor	=	V total/V per reaktor
		=	20,0 buah

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh waktu breakthrough 435 hari (15 bulan). Nilai tersebut dalam perancangan ini tidak digunakan sebagai acuan dalam menentukan waktu *recovery* media. Hal ini disebabkan jika waktu jenuh dijadikan acuan maka proses *recovery* membutuhkan tahapan yang lebih kompleks. Sehingga sebagai nilai kemanan ditetapkan *recovery* media dilakukan 1 bulan sekali.

Pencucian pada reaktor adsorpsi direncanakan menggunakan air bersih kemudian di jemur. Prinsip utaman dalam penjemuran karbon aktif adalah dengan cara drying dengan bantuan sinar matahari sehingga padatan volatile yang ada dalam pori karbon aktif dapat diuapkan.

Susunan reaktor:

- a. Jumlah baris vertikal = 2 buah
- b. Jumlah baris horizontal = 10 Buah
- c. Panjang total vertikal = 0,6 m
- d. Panjang total horizontal = 3 m

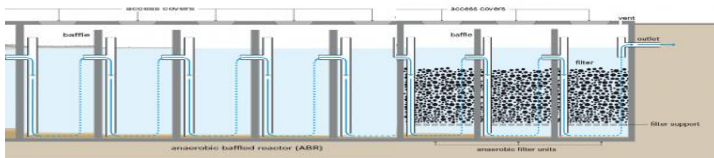
Perhitungan headloss media:

- a. Debit per reaktor = $Q/\text{jumlah Reaktor}$
 $= 0,00012 \text{ m}^3/\text{det}/20 \text{ buah}$
 $= 6 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{detik}$
- b. Void media = 0,42
- c. Kecepatan aliran dalam media = $Q_{\text{per reaktor}}/A_{\text{media}}$
 $= 0,000006/(0,25 \times 3,14 \times (0,3^2) \times 0,42)$
 $= 0,0002 \text{ m/s}$
- d. H_f = $0,000089 \times v/D^2$
 $= 0,000089 \times 0,0002/(3000^2)$
 $= 2 \times 10^{-16} \text{ m}$

E. Desain Unit ABR-ABF

Anaerobic Baffled Reactor (ABR) dan *Anaerobic Biofilter* (ABF) merupakan pengolahan biologis secara anaerob. Proses ABR-ABF menggabungkan proses pengolahan sistem tersuspensi dengan sistem terlekat.

Pada desain reaktor ABR-ABF faktor yang perlu diperhatikan adalah nilai waktu tinggal hidrolis dan kecepatan aliran (V_{up}). Perhitungan ABR-ABF disajikan di bawah ini.



Gambar 4.12 Sketsa Potongan ABR-ABF

Perhitungan

Direncanakan ABR tanpa ruang pengendapan

- | | | | | |
|----|--|---|--|-----------------------|
| a. | Jumlah Unit | = | 1 | Buah |
| b. | Qave | = | 0,00012 | m ³ /detik |
| c. | Debit per unit | = | Qave/jumlah unit | |
| | | = | 0,00012 m ³ /detik/1buah | |
| | | = | 0,00012 | m ³ /detik |
| d. | HLR rencana | = | 1,1 | m/jam |
| | | = | 0,00030556 | m/detik |
| | | | (<=1,1 m/jam) | |
| e. | HRT | = | 12 | jam |
| | | | (12-14) | jam |
| f. | Rasio lebar kompartemen terhadap kedalaman | = | 0,4 | |
| g. | Volume Total | = | Q*HRT | |
| | | = | 0.00012 m ³ /detik * 3600 detik/jam | |

			* 12 jam
		=	10 m ³
h.	Asurface	=	Q/HLR
		=	0,00023 m ³ /detik * 3600 detik/jam
			* 1,1 m/jam
		=	0,8 m ²
i.	H kompartemen rencana	=	1,5 m
j.	Lebar Kompartemen (L)	=	H*(rasio L/H)
		=	1,5 m * 0,4
		=	0,6 m
k.	Panjang Kompartemen (P)	=	Asurface/L
		=	0,8 m ² /0,6 m
		=	1,3 m
l.	Volume Kompartemen	=	P*L*Hkompartemen
		=	(1,3*0,6*1,5) m ³
		=	1,1 m ³
m.	Jumlah Kompartemen (n)	=	V total/V kompartemen
		=	10 m ³ /1,1 m ³
		=	9 Kompartemen
		Not OK	(4-6 Kompartemen per BOD Load)
n.	Cek HLR	=	Q/(P*L)
		=	0,00012 m ³ /detik / (1,3 m * 0,6 m)
		=	0,0003 m ³ /detik
		=	1,1 m/jam
		OK	(<=1,1 m/jam)
o.	Cek HRT	=	Vkompartemen*n/Qave
		=	1,1 m ³ *9/0.00012 m ³ /detik

$$= 44181,8182 \text{ detik}$$

$$= 12,3 \text{ jam}$$

OK (12-14) Jam

Berdasarkan hasil perhitungan jumlah kompartemen dalam ABR melebihi kriteria yang ditentukan sehingga hanya digunakan 4 kompartemen dalam ABR yang direncanakan.

a. Dimensi ABR

$$\text{Panjang Kompartemen (P)} = 0,6 \text{ m}$$

$$\text{Lebar Kompartemen (L)} = 1,3 \text{ m}$$

$$\text{H kompartemen (H)} = 1,5 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah Kompartemen (n)} = 5,0 \text{ Kompartemen}$$

b. Cek HLR

$$= Q/(P*L)$$

$$= 0,00030556 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$= 1,1 \text{ m/jam}$$

OK ($\leq 1,1 \text{ m/jam}$)

c. Cek HRT

$$= V_{\text{kompartemen}} * n / Q_{\text{ave}}$$

$$= 19636,3636 \text{ detik}$$

$$= 5.5 \text{ jam}$$

Not OK (12-14) Jam

Selanjutnya dihitung efisiensi removal ABR berdasarkan grafik performa ABR.

a. Kualitas air limbah influen

$$\text{TSS} = 52 \text{ mg/l}$$

$$\text{COD} = 1428,9 \text{ mg/l}$$

$$\text{BOD} = 517 \text{ mg/l}$$

$$\begin{aligned} \text{BOD Overloading} &= Q * \text{konsentrasi BOD} / V_{\text{total ABR}} \\ &= 1 \text{ kg/m}^3.\text{hari} \end{aligned}$$

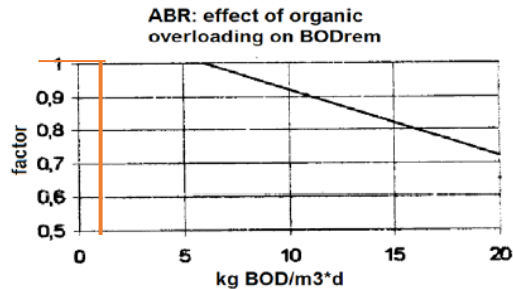
b. Penentuan Removal BOD

ABR Faktor

$$- \text{f-BOD Overloading (a)} = 1$$

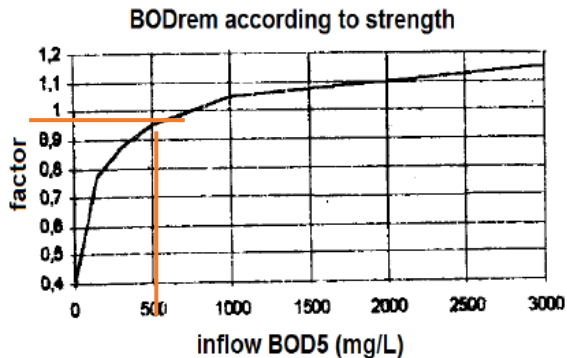
$$- \text{f-Inflow BOD5 (b)} = 0,96$$

- f-Suhu (c) = 1,012
- f-Jumlah Kompartemen (d) = 1,02
- f-HRT (e) = 0,82
- % Removal BOD = $a \cdot b \cdot c \cdot d \cdot e$
- = 81,3 %



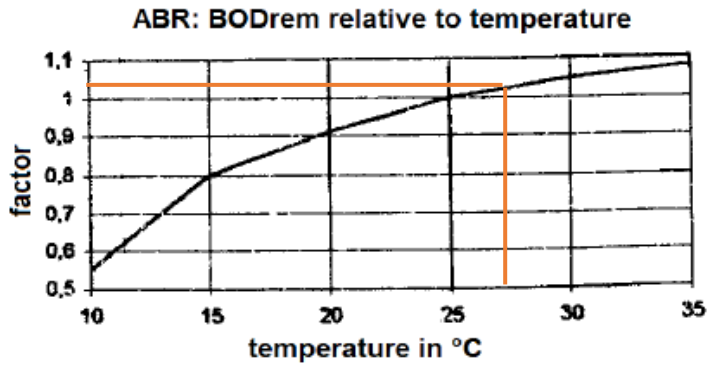
Gambar 4.13 Faktor Penyisihan BOD Terhadap *Organic Overloading* pada ABR Rencana

Sumber: Sasse, 2009



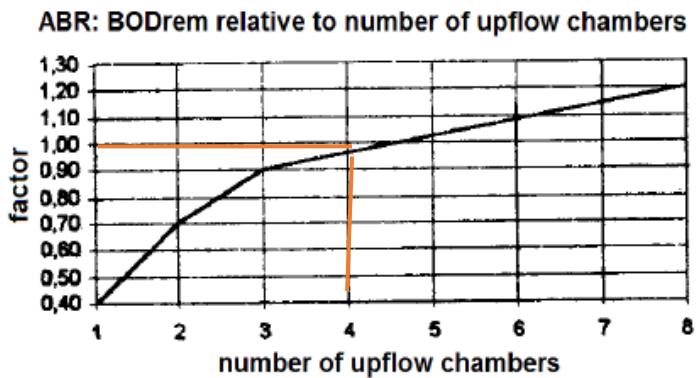
Gambar 4.14 Grafik Faktor Penyisihan BOD Terhadap Konsentrasi BOD pada ABR Rencana

Sumber: Sasse, 2009



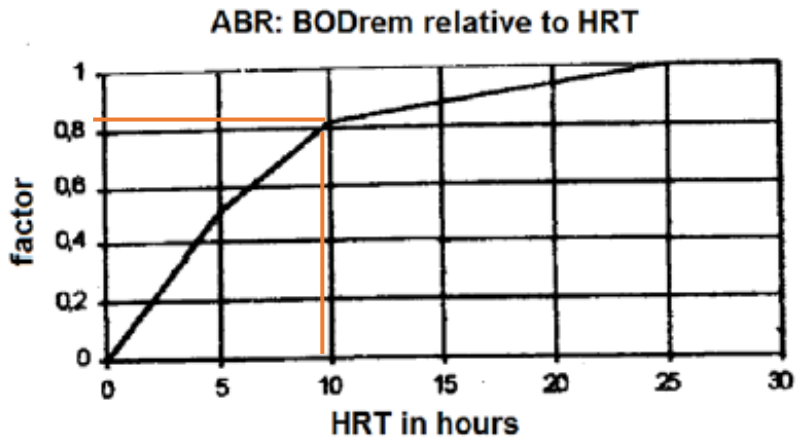
Gambar 4.15 Grafik Faktor Penyisihan BOD Terhadap Temperatur pada ABR Rencana

Sumber: Sasse, 2009



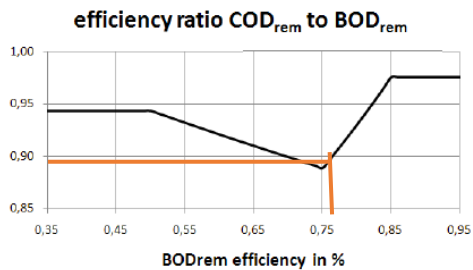
Gambar 4.16 Grafik Faktor Penyisihan BOD Terhadap Jumlah Kompartemen pada ABR Rencana

Sumber: Sasse, 2009



Gambar 4.17 Grafik Faktor Penyisihan BOD Terhadap HRT pada ABR Rencana

Sumber: Sasse, 2009

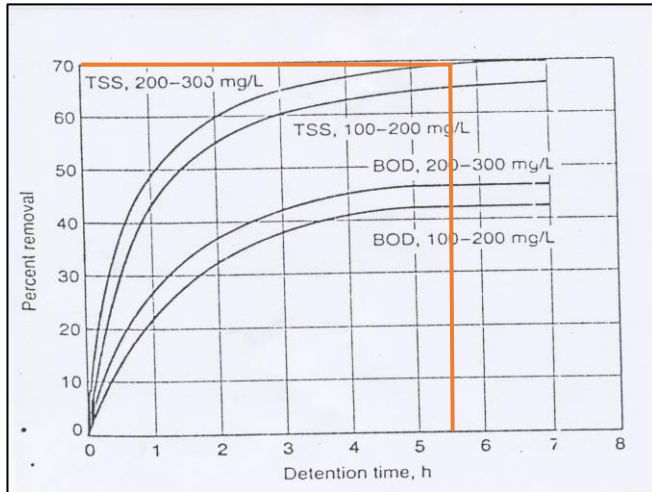


Gambar 4.18 Grafik Faktor Penyisihan COD Berdasarkan Penyisihan BOD

Sumber: Sasse, 2009

c. Penentuan Removal COD = %R BOD * f-COD

= 76,9 %



Gambar 4.19 Grafik Penyisihan TSS dan BOD Terhadap Waktu Pengendapan Pada ABR Rencana

- d. Penentuan Removal TSS
Berdasarkan grafik hubungan removal TSS terhadap Td diperoleh %removal TSS 70%
- e. Kualitas effluen ABR
- | | | | |
|-----|---|-------|------|
| TSS | = | 15,6 | mg/l |
| COD | = | 206,7 | mg/l |
| BOD | = | 96,6 | mg/l |
- f. Produksi lumpur
- | | | |
|--------------------|---|-------------------------------------|
| massa lumpur TSS | = | TSS removal * Qave |
| | = | 0,728 kg/hari |
| massa lumpur BOD | = | γ * %removal BOD * Qave |
| | = | *Konsentrasi BOD ($\gamma=0.5$) |
| | = | 4,206 kg/hari |
| massa lumpur total | = | massa lumpur BOD + massa lumpur TSS |

$$= 4,934 \quad \text{kg/hari}$$

$$= 4934,017 \quad \text{g/hari}$$

Diasumsikan :

$$\begin{aligned} \text{Kadar air lumpur} &= 5\% \\ \text{massa jenis air} &= 1 \quad \text{g/l} \\ \text{massa jenis padatan} &= 2,65 \quad \text{g/l} \\ \text{massa jenis lumpur} &= (\% \text{air} \times \text{massa jenis air} \\ &\quad + (\% \text{padatan} \times \text{massa jenis padatan})) \\ &= 1,0825 \quad \text{g/l} \\ \text{Volume lumpur} &= \text{massa} / \text{massa jenis} \\ &\quad \text{lumpur} \\ &= 4558 \quad \text{l/hari} \\ &= 0,903 \quad \text{m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai BOD dan COD yang belum memenuhi baku mutu. Sehingga perlu dirancang ABF agar memenuhi baku mutu.

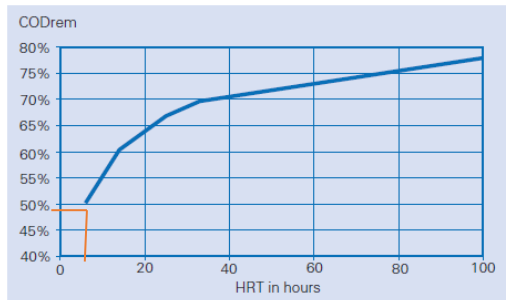
Direncanakan ABF dengan 2 kompartemen

$$\begin{aligned} \text{a. Jumlah Unit} &= 1 \quad \text{Buah} \\ \text{b. Qave} &= 0,00012 \quad \text{m}^3/\text{detik} \\ \text{c. Debit per unit} &= \text{Qave} / \text{jumlah unit} \\ &= 0,00012 \quad \text{m}^3/\text{detik} \\ \text{d. Dimensi AF} \\ \text{Voids direncanakan 98\% dari voids kompartemen ABR} \\ \text{Panjang kompartemen ABR} &= 0,6 \quad \text{m} \\ \text{Panjang kompartemen AF} &= \text{Panjang kompartemen ABR} \\ &= 0,600 \quad \text{m} \\ \text{Lebar (L)} &= \text{Lebar kompartemen ABR} \\ &= 1,3 \quad \text{m} \\ \text{Kedalaman (H)} &= \text{Kedalaman ABR} \\ &= 1,5 \quad \text{m} \\ \text{e. Jumlah kompartemen (n)} &= 2 \quad \text{kompartemen} \\ \text{f. HRT AF} &= (n \times P \times L \times H) / Q \\ &= 9621.81818 \quad \text{detik} \end{aligned}$$

g. HLR

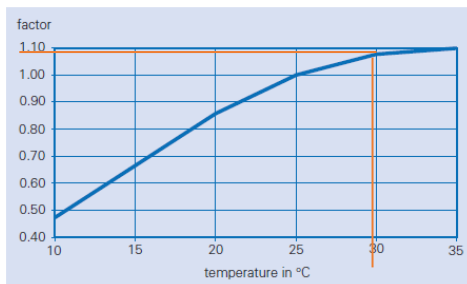
$$\begin{aligned}
 &= 2.7 \quad \text{Jam} \\
 &= Q_{ave}/(P \cdot L) \\
 &= 0,00030556 \quad \text{m/detik} \\
 &= 1,1 \quad \text{m/jam} \\
 &\quad \text{OK} \quad (<=1,1 \text{ m/jam})
 \end{aligned}$$

Langkah selanjutnya adalah menghitung efisiensi dari ABF. Perhitungan efisiensi didasarkan pada Gambar 4.20 sampai Gmbar 4.23.



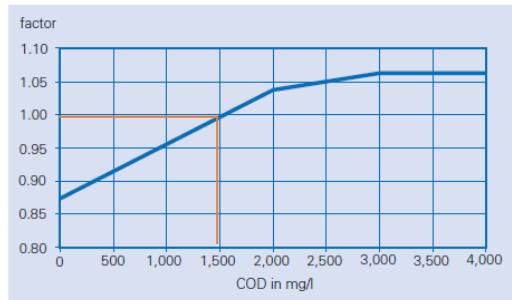
Gambar 4.20 Faktor Penyisihan COD Berdasarkan HRT

Sumber: Sasse, 2009



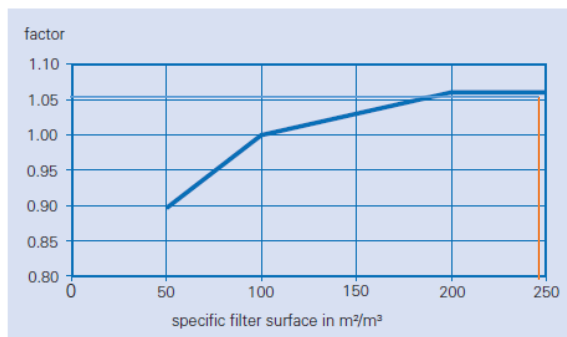
Gambar 4.21 Faktor Penyisihan COD Berdasarkan Temperatur pada ABF Rencana

Sumber: Sasse, 2009



Gambar 4.22 Faktor Penyisihan COD Berdasarkan influent pada ABF Rencana

Sumber: Sasse, 2009



Gambar 4.23 Faktor Penyisihan COD Berdasarkan permukaan filter

Sumber : Sasse, 2009

Perhitungan performa ABF:

a. Kualitas air limbah influen

TSS	=	15,6	mg/l
COD	=	167,9	mg/l
BOD	=	89,1	mg/l

b. Penentuan Removal COD

<i>ABR Faktor</i>		
- f-HRT	=	0,5
- f-Suhu	=	0,99
- f-influent	=	0,95
- f-filter surface	=	1,05
% Removal COD	=	$a*b*c*d*e$
	=	49,4 %
c. Penentuan Removal BOD	=	%R BOD * f-BOD
	=	60,0 %
d. Penentuan Removal TSS	=	70 %
Berdasarkan grafik hubungan removal TSS terhadap Td diperoleh %removal TSS 70%		
e. Kualitas effluen ABR		
TSS	=	4,68 mg/l
COD	=	85,0 mg/l
BOD	=	35,7 mg/l
f. Produksi lumpur		
massa lumpur TSS	=	TSS removal * Qave
	=	0,2184 kg/hari
massa lumpur BOD	=	$\gamma * \% \text{removal BOD} * Qave$
	=	1565,501 kg/hari
massa lumpur total	=	massa lumpur BOD + massa lumpur TSS
	=	1565,720 kg/hari
	=	1565719,6 g/hari
Diasumsikan :		
Kadar air lumpur	=	95%
massa jenis air	=	1 g/l
massa jenis padatan	=	2.65 g/l
massa jenis lumpur	=	$(\% \text{air} * \text{massa jenis air}) + (\% \text{padatan} * \text{massa jenis padatan})$
	=	1,0825 g/l
Volume lumpur	=	massa/massa jenis lumpur

$$= 1446393 \quad \text{l/hari}$$

$$= 0,903 \quad \text{m}^3/\text{hari}$$

Perhitungan headloss:

a. h_f nozzle

$$= k \cdot (v^2) / 2g \cdot \text{jumlah ruang}$$

$$= 0,4 \cdot (1.1/3600)^2 / 2 \cdot 9.81 \cdot 6$$

$$= 1,1 \times 10^{-8} \quad \text{m}$$

b. h_f celah vup

$$= k \cdot (v^2) / 2g \cdot \text{jumlah ruang}$$

$$= 4 \cdot (1.1/3600)^2 / 2 \cdot 9.81 \cdot 6$$

$$= 1,142 \times 10^{-7} \quad \text{m}$$

c. H_f media

$$= 0.0000089 \cdot v \cdot D \cdot \text{jumlah ruang}$$

$$= 0.0000089 \cdot (1.1/3600) \cdot ((1,5 \cdot 1000)^2) \cdot 2$$

$$= 2.41 \times 10^{-15} \quad \text{m}$$

d. H_f total

$$= 1.256 \times 10^{-7} \quad \text{m}$$

F. Desain Unit Tangki Aerasi dan Sedimentasi

Unit pengolahan aerasi yang digunakan adalah sistem aerasi diperpanjang. Sistem ini cocok untuk mengolah air limbah dengan kapasitas yang kecil serta menghasilkan sedikit lumpur. Adapun perhitungan tangka aerasi disajikan dibawah ini:

Direncanakan

- 1 Menggunakan sistem *Extended Aeration* dengan *diffused aeration*
- 2 menggunakan 1 unit tangki aerasi
- 3 Umur lumpur (q_c) = 30 hari
- 4 X (MLVSS) = 3600 g/m³
- 5 MLVSS / MLSS = 0,8
- 6 perbandingan panjang (P) : lebar (L) = 3:1
- 7 kedalaman tangki (H) = 3 m
- 8 Y = 0,7 mg VSS/mg BOD₅
- 9 k_d = 0,06 hari⁻¹
- 10 Kelarutan oksigen di tangki aerasi (C_w') = 8,5 mg/l

- 11 Kelarutan oksigen dalam air = 9,15 mg/l
bersih pada suhu standard 20 °C
(C_{sw})
- 12 Jumlah minimum *dissolved oxygen* yang harus tersedia dalam tangki aerasi (C) = 2 mg/l
- 13 Faktor tekanan salinitas permukaan (b) = 0,9
- 14 Faktor koreksi transfer oksigen untuk air buangan (a) = 0,8
- 15 Faktor koreksi kelarutan oksigen untuk perbedaan ketinggian (F_a) = 0,95
- 16 suhu air buangan (T) = 28 °C
- 17 berat udara = 1,20
- 18 kandungan oksigen dalam udara = 21% kg/m³
- 19 efisiensi difusi udara = 8%
- 20 kebutuhan udara = 150% udara teoritis
- 21 *Sistem difuser udara :
menggunakan difuser jenis Dracon Sock dengan dimensi standar 6.1 cm x 7,5 cm dengan debit 0,21 m³ standar udara per menit per tube (sumber : Qasim, "Wastewater Treatment")
terdapat 2baris tube difuser per panjang tangki aerasi*
- 22 Q yang direncanakan = 10 m³/d
= 1,00012 m³/det

Langkah selanjutnya adalah menghitung dimensi bak berdasarkan data perancangan di atas. Perhitungan dimensi bak disajikan di bawah ini.

1	BOD ₅ influen (S ₀)	=	517	mg/l
2	BOD ₅ effluen	=	20	mg/l
3	BOD ₅ berupa lumpur	=	BOD ₅ eff x (MLVSS/MLSS) x 0,68 x 1,42	
		=	20 x 0,8 x 0,68 x 1,42	
		=	15,4496 mg/l	
4	BOD ₅ terlarut (S)	=	BOD ₅ eff - BOD ₅ berupa lumpur	
		=	4,550 mg/l	
5	Efisiensi BOD ₅ terlarut dalam efluen	=	((BOD ₅ inf-BOD ₅ terlarut)/BOD ₅ inf)x100%	
		=	((517 - 15.926)/517) x 100%	
		=	99,12 %	
6	Efisiensi BOD ₅ terlarut total	=	((BOD ₅ inf - BOD ₅ eff)/BOD ₅ inf) x 100%	
		=	((517 - 20)/517) x 100%	
		=	96,13 %	
7	Q tiap tangki	=	Q / jumlah unit tangki	
		=	0,00012/1	
		=	0,00012 m ³ /det	
		=	10,368 m ³ /hari	
8	Volume reaktor	=	(Q _{bak} x q _c x Y x (S ₀ -S _{eff})) / (X(1+k _d .q _c))	
		=	$\frac{10 \times 30 \times 0,5 \times (517-20)}{3600 \times (1+(0,06 \times 30))}$	
			12	m ³

$$\begin{aligned}
9 \quad \text{Luas tanki} &= \text{Volume reaktor} / \text{kedalaman tanki} \\
&= 12/2,5 \\
&= 4 \quad \text{m}^2 \\
10 \quad \text{Lebar tanki (L)} &= (\text{Luas tanki}/3)^{0,5} \\
&= (3/3)^{0,5} \\
&= 1,5 \quad \text{m} \\
11 \quad \text{Panjang Tanki (P)} &= \text{Lebar tanki} \times 3 \\
&= 4,5 \quad \text{m} \\
12 \quad \text{td} &= ((P \times L \times H) / Q_{\text{tanki}} \times 86400) \times 24 \\
&= ((6 \times 2 \times 3) / 0.00012 \times 86400) \times 24 \\
&= 46,9 \quad \text{jam} \\
13 \quad \text{F/M rasio} &= \text{BOD}_5 \text{ inf} / (\text{td}/60 \times X) \\
&= 517 / (46,9/24 \times 3600) \\
&= 0,06618 \quad \text{hari}^{-1} \\
14 \quad \text{Volumetric Loading} &= (S_o \times Q) / V \\
&= ((517 \text{ mg/L} \times 10 \text{ m}^3/\text{hari}) / 8 \text{ m}^3) / 1000 \\
&= 0,45965 \quad \text{kg/m}^3 \cdot \text{hari} \\
15 \quad \text{Yobs} &= Y / (1 + (k_d \times q_c)) \\
&= 0,5 / (1 + (0,06/\text{hari} \times 30 \text{ hari})) \\
&= 0,25 \\
16 \quad \text{Px} &= \text{Yobs} \times Q_{\text{tiap tanki}} \times (S_o - S) \\
&= 0,25 \times 10 \text{ m}^3/\text{hari} \times (459,7 - 70) \text{ mg/L} \times \\
&\quad 10^3 \text{ L/m}^3 \times 1 \text{ kg}/10^6 \text{ mg} \\
&= 1,32827 \quad \text{kg/hari (MLVSS)} \\
17 \quad \text{MLSS} &= \text{Px} : 0.8 \\
&= 1,15026 : 0.8 \\
&= 1,66034 \quad \text{kg/hari} \\
18 \quad \text{Qr/Q} &= X / (X + \text{Px}) \\
&= 3600 / (3600 + 1.32827) \\
&= 0,99967 \quad \text{OK}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 19 \quad \text{Debit return sludge (Qr)} &= (Q_r/Q) \times Q_{\text{tiap tanki}} \\
 &= 0,99968 \times 0.00012 \\
 &= 0,00012 \text{ m}^3/\text{det} \\
 20 \quad \text{Waktu aerasi} &= \text{Volume}/Q \\
 &= (12 \text{ m}^3 \times 24 \text{ jam/hari}) / 10 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 26,99 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Setelah desain tangki aerasi ditetapkan, selanjutnya dilakukan perhitungan kebutuhan suplai udara. Perhitungan kebutuhan udara disajikan di bawah ini.

kebutuhan Oksigen

$$\begin{aligned}
 21 \quad \text{Kebutuhan oksigen teoritis} &= ((Q_{\text{total}} \times (S_o - S)) / (0.68 \times 1000)) - (1,42 \times P_x) \\
 &= ((10 \times (451 - 20)) / (0.68 \times 1000)) - (1,42 \times 1,15026) \\
 &= 5,1328 \text{ kg/hari} \\
 22 \quad \text{SOR} &= N / [(C'_{\text{sw.b.Fa-C}}) / C_{\text{sw}}] (1,024)^{T-20} \text{ a} \\
 &= 5,13287 / [(7,93 \times 0.9 \times 0.95 - 2) / 9,15] (1,024)^{28-20,95} \\
 &= 8,55493 \text{ kg/hari} \\
 23 \quad \text{kebutuhan udara} &= \text{SOR} / (\text{berat udara} \times 0,21) \\
 &= 8,55493 / (1,201 \times 0,21) \\
 &= 33,9199 \text{ m}^3/\text{hari udara} \\
 24 \quad \text{Effisiensi difusi udara} &= 0,08 \\
 25 \quad \text{Kebutuhan udara teoritis} &= \text{Kebutuhan udara} / \text{effs difusi udara} \\
 &= 33,9199 / 0,08 \\
 &= 423,999 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

- 26 Kebutuhan Udara Total = Kebutuhan udara teoritis x 1.5
= 423,999 m³/hari x 1,5
= 635,998 m³/hari
= 0,44167 m³/mnt
- 27 Kebutuhan Udara tiap tangki = Kebutuhan udara total / jumlah unit tanki
= 0,44167 m³/mnt : 1
= 0,44167 m³/menit
- 28 Volume Udara per kg BOD₅ teremoval = (Kebutuhan udara total x 1000) / ((So-S) x Qtotal)
= $\frac{(635,998 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1000)}{((459,7-70) \times 10)}$
= 138,22 m³/kg
- 29 Volume suplai udara per m³ air limbah = Kebutuhan udara total / Qtotal
= 635,99 m³/hari / 10 m³/hari
= 61,342 m³/m³
- 30 Volume suplai udara per m³ volume tangki = Kebutuhan udara total / volume reaktor
= 10 m³/hari / 895. 8 m³
= 75,556 m³/m³.hari

Selanjutnya dilakukan desain diffuser yang akan digunakan. Diffuser yang digunakan adalah jenis fine bubble diffuser. Diffuser ini dipilih dengan tujuan agar distribusi oksigen lebih merata.

- 21 Kebutuhan oksigen teoritis = $\frac{(Q_{\text{total}} \times (S_o - S))}{(1,42 \times P_x)}$
= $\frac{(10 \times (459,7-70))}{(0,68 \times 1000)}$
= 5,13287 kg/hari
- 22 SOR = $N / [(C'_{\text{sw.b.Fa}} - C) / C_{\text{sw}}]$
= $(1,024)^{T-20} a$

		=	$\frac{5,13287 (1.024)^{28-20}}{[(7,93 \times 0,9 \times 0,95 - 2) / 9,15]}$
		=	8,5549 kg/hari
23	kebutuhan udara	=	SOR / (berat udara x 0,21)
		=	8,55493 / (1,201 x 0,21)
		=	33,919 m ³ /hari udara
24	Effisiensi difusi udara	=	0,08
25	Kebutuhan udara teoritis	=	Kebutuhan udara / effs difusi udara
		=	33,9199 / 0,08
		=	423,99 m ³ /hari
26	Kebutuhan Udara Total	=	Udara teoritis x 1,5
		=	423,99 m ³ /hari x 1,5
		=	635,99 m ³ /hari
		=	0,4416 m ³ /mnt
27	Kebutuhan Udara tiap tangki	=	Kebutuhan udara total / jumlah unit tanki
		=	0,44167 m ³ /mnt : 1
		=	0,4416 m ³ /menit
28	Volume Udara per kg BOD ₅ teremoval	=	$\frac{(\text{Kebutuhan udara total} \times 1000)}{((S_o - S) \times Q_{\text{total}})}$
		=	$\frac{(635,998 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1000)}{((459,7 - 70) \times 10)}$
		=	138,22 m ³ /kg
29	Volume suplai udara per m ³ air limbah	=	Kebutuhan udara total / Q _{total}
		=	635,99 m ³ /hari / 10 m ³ /hari
		=	61,342 m ³ /m ³

$$\begin{aligned}
 30 \quad \text{Volume suplai udara per m}^3 &= \text{Kebutuhan udara total / volume reaktor} \\
 \text{volume tangki} &= 10 \text{ m}^3/\text{hari} / 895 \text{ m}^3 \\
 &= 75,556 \text{ m}^3/\text{m}^3.\text{hari}
 \end{aligned}$$

Setelah kebutuhan udara dihitung maka didesain kebutuhan diffuser pada reaktor. Pada desain ini reaktor dibagi menjadi 3 kompartemen agar td pad reaktor dapat terpenuhi.

$$\begin{aligned}
 31 \quad \text{jumlah total difuser yang digunakan} &= \text{Kebut udara tot / kand oksigen dlm udara} \\
 &= 635,998 \text{ m}^3/\text{mnt} / 0,21 \\
 &= 3 \text{ tubes} \\
 32 \quad \text{jumlah total difuser direncanakan} &= 6 \text{ tubes} \\
 33 \quad \text{Jumlah difuser tiap tangki} &= \text{Jumlah total difuser / jumlah unit tanki} \\
 &= 6 \text{ tubes} / 1 \\
 &= 6 \text{ tubes} \\
 &= 6 \text{ tubes} \\
 34 \quad \text{Jumlah kolom dalam tangki} &= 2 \text{ tubes} \\
 35 \quad \text{jumlah difuser tiap kolom} &= \text{difuser @tanki / jumlah kolom dlam tanki} \\
 &= 6 / 2 \text{ tubes} \\
 &= 3 \text{ tubes}
 \end{aligned}$$

Setelah bak aerasi dihitung, perlu dihitung bak sedimentasi untuk mengendapkan flok mikrobiologis yang terbentuk. Bak sedimentasi yang didesain berbeda dengan bak sedimentasi 1 dan 2. Bak sedimentasi yang didesain bertujuan untuk mengendapkan flok mikrobiologis yang masuk dalam kategori pengendpan tipe 3 sampai 4.

$$\begin{aligned}
 1 \quad \text{Jumlah clarifier} &= 1 \text{ buah} \\
 2 \quad \text{Q desain} &= Q+Q_r
 \end{aligned}$$

- $$= 0,00012 + 0,00012$$
- $$= 0,0002 \quad \text{m}^3/\text{detik} = 0,864 \quad \text{m}^3/\text{jam}$$
- 3 X_u = 10000 mg/L
- 4 SF desain = 2 kg/m².jam
- $$= 48 \quad \text{kg/m}^2.\text{hari}$$
- 5 MLSS desain = 4500 mg/L = 4,5 kg/m³
- 6 A_s = $(Q \times X) / SF$
- $$= (0,86 \times 4.5) / 48$$
- $$= 1,94 \quad \text{m}^2$$
- 7 Diameter = $[(4 \times A)/\pi]^{1/2}$
- $$= [(4 \times 1,94)/3,14]^{1/2}$$
- $$= 2 \quad \text{m}$$
- 8 A_s Cek = $\pi/4 \times D^2$
- $$= 3,14/4 \times (2)^2$$
- $$= 3,14 \quad \text{m}^2$$
- 9 Cek OFR = Q/A
- $$= (0,86 \times 24)/3,14$$
- $$= 2,9 \quad \text{m}^3/\text{m}^2.\text{hari} \quad \text{OK}$$
- 10 Cek berdasarkan grafik solid flux :
- OFR = 6,6 m³/m².hari
- $$= 0,1223 \quad \text{m}/\text{jam}$$
- MLSS = 4500 mg/L
- Karena MLSS rencana (4500mg/L) = 4500 mg/L, maka area clarification mencukupi
- 11 Cek SLR = $(Q \times X) / A$
- $$= (0.00024 \text{ m}^3/\text{detik} \times 4500 \text{ mg/L}$$
- $$\times 86400 \text{ detik/hari}) / (1000 \text{ g/kg} \times 3.14 \text{ m}^2)$$
- $$= 13 \quad \text{kg/m}^2.\text{hari}$$
- 12 H clear water = 1,5 m
- 13 Perhitungan kedalaman thickening zone :
- a. X clarification = 4500 mg/L

- b. X Thickening = 7250 mg/L
- c. Total massa sludge pada tangki aerasi = 36 kg
- d. Total massa sludge pada clarifier = 10,8 kg
- e. H Thickening = 0.2 m

16 Perhitungan kedalaman sludge storage zone :

- a. Waktu penyimpanan lumpur = 2 hari
- b. Yobs = 0,250
- c. Q = 10,0 m³/hari
- d. Removal sBOD = 443,77 mg/L
- e. Faktor keamanan debit = 2,5
- f. Faktor keamanan BOD₅ = 1,5
- e. Px = $Y_{obs} \times Q \times (S_0 - S) \times (10^3 \text{ g/kg})^{-1}$
 $= 0,25 \times 10 \text{ m}^3/\text{hari} \times 443,77 \text{ mg/L} \times 2,5 \times 1,5 \times (10^3 \text{ g/kg})^{-1}$
 $= 4,16 \text{ kg/hari}$
- f. MLVSS/MLSS = 0,8
- g Total solid yang disimpan = (waktu penyimpanan lumpur x MLVSS) / ratio MLVSS/MLSS
 $= (2 \text{ hari} \times 4,16 \text{ kg/hari}) / 0,8$
 $= 10,40 \text{ kg}$

- h Total solid dalam clarifier = tot. massa sludge pd clarifier
+ tot.solid disimpan
= 10,8+ 10,4
= 21,201 kg
- i Kedalaman pada penyimpanan lumpur = total solid/(kons.sludge pd thickening x A)
= 21,201*1000/(7250x7,07)
= 0,4 m
- j Kedalaman total clarifier = H clear water dan settling zone
+H thickening + H penyimpanan lumpur
= 1,5 + 0,2 +0,4
= 2,1 m
- k Freeboard = 0,5 m
- l Total ketinggian bak = H total clarifier + freeboard
= 2,1 + 0,5
= 2,6 m
- 17 Perhitungan waktu detensi
- a. Volume total clarifier = A x H total clarifier
= 3,14 x 2,6
= 18,5439 m³
- b. Waktu detensi = V/Q
= 18,54392/(0,00024x3600)
= 21,46 jam
= 32,1943 m/jam
= 0,00894 m/detik
- 18 Saluran inlet : (pembawa ke secondary clarifier)
- a. Q saluran = 0,00024 m³/detik
- b. Slope direncanakan = 0,0002
- c. V direncanakan = 0,5 m/detik

- d. A (luas permukaan) = Q/V
= 0,00048 m²
- e. A (luas permukaan) = $1/4 \times p \times D^2$
0.00048 = $1/4 \times p \times D^2$
D = 0,02 m
- f. Cek kecepatan (v) = Q/A
= 0,5 m/detik
OK
- g. Panjang saluran direncanakan = 3 m
- h. Headloss = $L \times S$
= $3 \times 0,0002$
= 0,0006 m
- 19 Pelimpah:
- a. Keliling weir plate = p (D)
= $3,14 \times (2)$
= 6.28 m
- b. Direncanakan v-notch dengan sudut = 90°
- c. Kedalaman v-notch direncanakan = 8 cm
- d. Jarak antar v-notch (pusat ke pusat) = 40 cm
- e. Jumlah v-notch = Keliling/jarak antar v-notch
= $6,28 \text{ m} / (40 \text{ cm/notch} \times (100 \text{ cm/m})^{-1})$
= 16 buah
- f. Q keluar clarifier = 10,0 m³/hari
= 0,00012 m³/detik
- g. Debit pada tiap v-notch = $Q/\text{jumlah notch}$
= $0,00012/16$
= $7,4 \times 10^{-6}$ m³/detik.notch
- h. Tinggi air di atas v-notch (saat peak) = 0,00778 m
= 0,8 cm

i	Cek weir loading	= $Q_{bak}/\text{keliling weir}$ = $13392/141,26$ = 1,59 $\text{m}^3/\text{m.hari}$ OK (<124)
20	Saluran outlet :	
a	Direncanakan bak penerima limpahan sebelum pipa outlet	= 1 $\times 1 \text{ m}$
		= 1 m^2
b	Tinggi air pada bak penerima limpahan	= 0,002 m
c	Q saluran	= 0,00012 m^3/detik
d	Slope direncanakan	= 0,0002
e	V direncanakan	= 0,6 m/detik
f	A (luas permukaan)	= Q/V = 0,00019 m^2
g	A (luas permukaan) 0.000192901 D	= $1/4 \times \pi \times D^2$ = $1/4 \times \pi \times D^2$ = 0,02 m = 0,03 m
h	Cek kecepatan (v)	= Q/A = 0,6 m OK
i	Panjang saluran direncanakan Headloss	= 5 = $L \times S$ = 5×0.0002 m = 0,001 m
21	Volume lumpur yang dikuras:	
a	Berat lumpur	= 5,20 kg/hari
b	Temperatur	= 20 $^{\circ}\text{C}$
c	r air	= 998,2 kg/m^3
d	Persentase SS dalam lumpur	= 1 %

e	Ss	= 2,65	
f	Volume lumpur tiap clarifier	= Berat lumpur/(r air x % SS x Ss)	
		= 5,2/(998,2x0,01x2,65) m ³ /hari	
		= 0,20	m ³ /hari
g	Pengurasan dengan pompa	= 2	hari/1 kali
h	Volume lumpur total	= 2 x 0.2	m ³
		= 0,4	m ³
22	Perancangan pipa penguras		
a	Q	= 10	L/detik
		= 0,01	m ³ /detik
b	Diameter pipa	= 5' - 12'	
c	Diameter pipa yang dipakai	= 6'	cm
		= 15,24	
d	A pipa	= p/4 x D ²	
		= 3,14/4 x (15,24) ² cm ²	
		= 182,32	
e	Waktu pengurasan	= Volume lumpur/Q pipa	
		= 0,04 m ³ / 0,01 m ³ /detik	
		= 39,3196	menit
		= 0,65533	Jam

G. Desain unit filter press

Pengolahan lumpur dilakukan dengan menggunakan filter press. Pehitungan filter press disajikan di bawah ini:

Diketahui Debit lumpur:

a.	Prasedimentasi	= 6.2	m3/hari
b.	Sedminetasi II	= 0.05	m3/hari
c.	ABR-ABF	= 5.237	m3/hari
d.	Sedimentasi III	= 0.23	m3/hari

Dimensi Bak penampung lumpur

a.	Panjang	= 0.5	m
b.	Lebar	= 0.5	m
c.	Kedalaman	= 0.5	m

Pompa lumpur:

- a. Q rencana = 10 L/detik
- b. v rencana = 1 m/detik
- c. A = Q/V
= $(10/1000)/1$
= 0.01 m²
- d. D = $(4 \cdot A / 3.14)^{0.5}$
= 0.1129 m
D digunakan = 110 mm
- e. L suction = 0.5 m
- f. L Discharge = 1 m
- g. Hstatik = 2.9 m
- h. Head Pompa = Hstatik + H mayor + Sisa Tekan
H mayor = $(Q/0,00155 \cdot C \cdot D^{2,63})^{1,85} \cdot L$
= 0.0286 m
Sisa tekan = 0.3 m
Head Pompa = 3.2 m

Spesifikasi filter press filter press:

- a. Tipe = FPMM47
- b. Jumlah plate = 5 plate
- c. Panjang = 1.47 m
- d. Lebar = 1.12 m
- e. Tinggi = 1 m
- f. Kebutuhan energi = 1.1 kW
- g. Jumlah Filter press = 3 buah

Setelah dilakukan perhitungan detail dilakukan penggambaran masing-masing unit, skema mass balance dan perhitungan profil hidrolis masing-masing alternatif. Gambar layout, denah dan potongan masing-masing alternatif disajikan pada gambar 4.26-4.43.

A. Keseimbangan Massa

Perhitungan keseimbangan massa diperlukan untuk mengetahui proses yang terjadi pada setiap unit. Perhitungan keseimbangan masa untuk setiap alternative disajikan sebagai berikut:

Kualitas influen air limbah

a.	TSS	=	41000	mg/l
b.	COD	=	45384	mg/l
c.	BOD	=	8300	mg/l

Kuantitas Air buangan:

$$Q = 10 \quad \text{m}^3/\text{hari}$$

Perhitungan Keseimbangan Massa Alternatif 1:

1 Prasedimentasi

influen

Diketahui:

a.	MTSSin	=	Q*TSS	
		=	410	kg/hari
b.	MCODin	=	Q*COD	
		=	453,84	kg/hari
c.	MBODin	=	Q*BOD	
		=	83	kg/hari

Removal

a.	MTSSr	=	99,5%*MTSSin	
		=	407,95	kg/hari
b.	MCODr	=	78,84%*MCODin	
		=	357,8075	kg/hari
c.	MBODr	=	77,11%*MBODin	
		=	64,0013	kg/hari

Effluen

a.	MTSSe	=	MTSSin-MTSSr	
		=	2,05	kg/hari
b.	MCODE	=	MCODin-MCODr	
		=	96,033	kg/hari
c.	MBODE	=	MBODin-MBODr	

		=	19,0	kg/hari
d.	TSS	=	$MTSSe/Q$	
		=	205,0	mg/l
e.	COD	=	$MCODE/Q$	
		=	9603,3	mg/l
f.	BOD	=	$MBODE/Q$	
		=	1899,9	mg/l

2 Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi

Influen

a.	MTSSin	=	MTSSe Prasedimentasi	
		=	2,1	kg/hari
b.	MCODin	=	MCODE Prasedimentasi	
		=	96,0	kg/hari
c.	MBODin	=	MBODE Prasedimentasi	
		=	19,0	kg/hari

Removal

a.	MTSSr	=	$68,9\% \cdot MTSSin$	
		=	1,4	kg/hari
b.	MCODr	=	$65,6\% \cdot MCODEin$	
		=	63,0	kg/hari
c.	MBODr	=	$77,11\% \cdot MBODin$	
		=	12,7	kg/hari

Effluen

a.	MTSSe	=	$MTSSin - MTSSr$	
		=	0,6	kg/hari
b.	MCODE	=	$MCODin - MCODEr$	
		=	33,0	kg/hari
c.	MBODE	=	$MBODin - MBODr$	
		=	6,3	kg/hari
d.	TSS	=	$MTSSe/Q$	
		=	63,8	mg/l
e.	COD	=	$MCODE/Q$	
		=	3303,5	mg/l
f.	BOD	=	$MBODE/Q$	
		=	630,8	mg/l

3 Filter Karbon

Influen

- a. MTSSin = MTSSe Koa-flo
= 0,6 kg/hari
- b. MCODin = MCODE Koa-flo
= 33,0 kg/hari
- c. MBODin = MBODE Koa flo
= 6,3 kg/hari

Removal

- a. MTSSr = 18.7%*MTSSin
= 0,1 kg/hari
- b. MCODr = 56.7%*MCODin
= 18,7 kg/hari
- c. MBODr = 17,9%*MBODin
= 1,1 kg/hari

Effluen

- a. MTSSe = MTSSin-MTSSr
= 0,5 kg/hari
- b. MCODE = MCODin-MCODr
= 14,3 kg/hari
- c. MBODE = MBODin-MBODr
= 5,2 kg/hari
- d. TSS = MTSSe/Q
= 51,8 mg/l
- e. COD = MCODE/Q
= 1430,4 mg/l
- f. BOD = MBODE/Q
= 517,9 mg/l

4 ABR

Influen

- a. MTSSin = MTSSe Filter karbon
= 0,5 kg/hari
- b. MCODin = MCODE Filter karbon
= 14,3 kg/hari

$$\begin{aligned} \text{c. MBODin} &= \text{MBODe Filter karbon} \\ &= 5,2 \quad \text{kg/hari} \end{aligned}$$

Removal

$$\begin{aligned} \text{a. MTSSr} &= 70\% \cdot \text{MTSSin} \\ &= 0,4 \quad \text{kg/hari} \\ \text{b. MCODr} &= 76,9\% \cdot \text{MCODin} \\ &= 11,6 \quad \text{kg/hari} \\ \text{c. MBODr} &= 81,3\% \cdot \text{MBODin} \\ &= 4,2 \quad \text{kg/hari} \end{aligned}$$

Effluen

$$\begin{aligned} \text{a. MTSSe} &= \text{MTSSin} - \text{MTSSr} \\ &= 0,2 \quad \text{kg/hari} \\ \text{b. MCODE} &= \text{MCODin} - \text{MCODr} \\ &= 2,7 \quad \text{kg/hari} \\ \text{c. MBODE} &= \text{MBODin} - \text{MBODr} \\ &= 1,0 \quad \text{kg/hari} \\ \text{d. TSS} &= \text{MTSSe}/Q \\ &= 15,5 \quad \text{mg/l} \\ \text{e. COD} &= \text{MCODE}/Q \\ &= 267,5 \quad \text{mg/l} \\ \text{f. BOD} &= \text{MBODE}/Q \\ &= 96,8 \quad \text{mg/l} \end{aligned}$$

5 ABF

Influen

$$\begin{aligned} \text{a. MTSSin} &= \text{MTSSe ABR} \\ &= 0,2 \quad \text{kg/hari} \\ \text{b. MCODin} &= \text{MCODE ABR} \\ &= 2,7 \quad \text{kg/hari} \\ \text{c. MBODin} &= \text{MBODE ABR} \\ &= 1,0 \quad \text{kg/hari} \end{aligned}$$

Removal

$$\begin{aligned} \text{a. MTSSr} &= 70\% \cdot \text{MTSSin} \\ &= 0,1 \quad \text{kg/hari} \\ \text{b. MCODr} &= 49,4\% \cdot \text{MCODin} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,3 \quad \text{kg/hari} \\
 \text{c. MBODr} &= 60\% * \text{MBODin} \\
 &= 0,6 \quad \text{kg/hari}
 \end{aligned}$$

Effluen

$$\begin{aligned}
 \text{a. MTSSe} &= \text{MTSSin} - \text{MTSSr} \\
 &= 0,1 \quad \text{kg/hari} \\
 \text{b. MCODE} &= \text{MCODin} - \text{MCODr} \\
 &= 1,3 \quad \text{kg/hari} \\
 \text{c. MBODE} &= \text{MBODin} - \text{MBODr} \\
 &= 0,4 \quad \text{kg/hari} \\
 \text{d. TSS} &= \text{MTSSe} / Q \\
 &= 4,7 \quad \text{mg/l} \\
 \text{e. COD} &= \text{MCODE} / Q \\
 &= 133,7 \quad \text{mg/l} \\
 \text{f. BOD} &= \text{MBODE} / Q \\
 &= 38,7 \quad \text{mg/l}
 \end{aligned}$$

Kualitas influen air limbah

$$\begin{aligned}
 \text{a. TSS} &= 41000 \quad \text{mg/l} \\
 \text{b. COD} &= 45384 \quad \text{mg/l} \\
 \text{c. BOD} &= 8300 \quad \text{mg/l}
 \end{aligned}$$

Kuantitas Air buangan:

$$Q = 10 \quad \text{m}^3/\text{hari}$$

Perhitungan Kesetimbangan Massa Alternatif 2:

1 Prasedimentasi

influen

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 \text{a. MTSSin} &= Q * \text{TSS} \\
 &= 410 \quad \text{kg/hari} \\
 \text{b. MCODin} &= Q * \text{COD} \\
 &= 453,84 \quad \text{kg/hari} \\
 \text{c. MBODin} &= Q * \text{BOD} \\
 &= 83 \quad \text{kg/hari}
 \end{aligned}$$

Removal

$$\begin{aligned}
 \text{a. MTSSr} &= 99,5\% * \text{MTSSin} \\
 &= 407,95 \quad \text{kg/hari}
 \end{aligned}$$

- b. $MCODr = 78,84\% * MCODin$
 $= 357,8075 \text{ kg/hari}$
- c. $MBODr = 77,11\% * MBODin$
 $= 64,0013 \text{ kg/hari}$

Effluen

- a. $MTSSe = MTSSin - MTSSr$
 $= 2,05 \text{ kg/hari}$
- b. $MCode = MCODin - MCOdr$
 $= 96,033 \text{ kg/hari}$
- c. $MBODE = MBODin - MBODr$
 $= 19,0 \text{ kg/hari}$
- d. $TSS = MTSSe / Q$
 $= 205,0 \text{ mg/l}$
- e. $COD = MCode / Q$
 $= 9603,3 \text{ mg/l}$
- f. $BOD = MBODE / Q$
 $= 1899,9 \text{ mg/l}$

2 Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi

Influen

- a. $MTSSin = MTSSe \text{ Prasedimentasi}$
 $= 2,1 \text{ kg/hari}$
- b. $MCODin = MCode \text{ Prasedimentasi}$
 $= 96,0 \text{ kg/hari}$
- c. $MBODin = MBODE \text{ Prasedimentasi}$
 $= 19,0 \text{ kg/hari}$

Removal

- a. $MTSSr = 68,9\% * MTSSin$
 $= 1,4 \text{ kg/hari}$
- b. $MCOdr = 65,6\% * MCODin$
 $= 63,0 \text{ kg/hari}$
- c. $MBODr = 77,11\% * MBODin$
 $= 12,7 \text{ kg/hari}$

Effluen

- a. $MTSSe = MTSSin - MTSSr$
 $= 0,6 \text{ kg/hari}$

- b. $MCODE = MCODin - MCODr$
 $= 33,0 \quad \text{kg/hari}$
- c. $MBODE = MBODin - MBODr$
 $= 6,3 \quad \text{kg/hari}$
- d. $TSS = MTSSe/Q$
 $= 63,8 \quad \text{mg/l}$
- e. $COD = MCODE/Q$
 $= 3303,5 \quad \text{mg/l}$
- f. $BOD = MBODE/Q$
 $= 630,8 \quad \text{mg/l}$

3 Filter Karbon

Influen

- a. $MTSSin = MTSSe \text{ Koa-flo}$
 $= 0,6 \quad \text{kg/hari}$
- b. $MCODin = MCODE \text{ Koa-flo}$
 $= 33,0 \quad \text{kg/hari}$
- c. $MBODin = MBODE \text{ Koa flo}$
 $= 6,3 \quad \text{kg/hari}$

Removal

- a. $MTSSr = 18,7\% * MTSSin$
 $= 0,1 \quad \text{kg/hari}$
- b. $MCODr = 56,7\% * MCODin$
 $= 18,7 \quad \text{kg/hari}$
- c. $MBODr = 17,9\% * MBODin$
 $= 1,1 \quad \text{kg/hari}$

Effluen

- a. $MTSSe = MTSSin - MTSSr$
 $= 0,5 \quad \text{kg/hari}$
- b. $MCODE = MCODin - MCODr$
 $= 14,3 \quad \text{kg/hari}$
- c. $MBODE = MBODin - MBODr$
 $= 5,2 \quad \text{kg/hari}$
- d. $TSS = MTSSe/Q$
 $= 51,8 \quad \text{mg/l}$
- e. $COD = MCODE/Q$

$$\begin{aligned}
 &= 1430,4 \quad \text{mg/l} \\
 \text{f. BOD} &= \text{MBODe}/Q \\
 &= 517,9 \quad \text{mg/l}
 \end{aligned}$$

4 Lumpur Aktif

Influen

$$\begin{aligned}
 \text{a. MTSSin} &= \text{MTSSe Filter karbon} \\
 &= 0,5 \quad \text{kg/hari} \\
 \text{b. MCODin} &= \text{MCODe Filter karbon} \\
 &= 14,3 \quad \text{kg/hari} \\
 \text{c. MBODin} &= \text{MBODe Filter karbon} \\
 &= 5,2 \quad \text{kg/hari}
 \end{aligned}$$

Removal

$$\begin{aligned}
 \text{a. MTSSr} &= 70\% * \text{MTSSin} \\
 &= 0,4 \quad \text{kg/hari} \\
 \text{b. MCODr} &= 90\% * \text{MCODin} \\
 &= 13,8 \quad \text{kg/hari} \\
 \text{c. MBODr} &= 96,13\% * \text{MBODin} \\
 &= 5,0 \quad \text{kg/hari}
 \end{aligned}$$

Effluen

$$\begin{aligned}
 \text{a. MTSSe} &= \text{MTSSin} - \text{MTSSr} \\
 &= 0,2 \quad \text{kg/hari} \\
 \text{b. MCODe} &= \text{MCODin} - \text{MCODr} \\
 &= 0,6 \quad \text{kg/hari} \\
 \text{c. MBODE} &= \text{MBODin} - \text{MBODr} \\
 &= 0,2 \quad \text{kg/hari} \\
 \text{d. TSS} &= \text{MTSSe}/Q \\
 &= 15,5 \quad \text{mg/l} \\
 \text{e. COD} &= \text{MCODe}/Q \\
 &= 55,4 \quad \text{mg/l} \\
 \text{f. BOD} &= \text{MBODE}/Q \\
 &= 20,0 \quad \text{mg/l}
 \end{aligned}$$

Setelah kestimbangan massa dibuat selanjutnya disajikan dalam bentuk skema. Skema kesetimbangan massa masing-masing alternatif disajikan pada gambar 4.24 dan 4.25

B. Profil hidrolis

Profil hidrolis adalah gambaran perbandingan level muka air dengan elevasi tanah. Profil hidrolis ditentukan berdasarkan besaran penurunan level muka air akibat beberapa hal. Hal-hal yang menyebabkan terjadinya penurunan level muka air antara lain jatuhan, belokan, kecepatan aliran air di bangunan, atau kecepatan air saat *melalui perforated baffle*. Menurut Marsono (1995) profil hidrolis perlu menggunakan persamaan headloss dalam bangunan dan pipa.

Alternatif 1

Ketinggian Awal	=	5,000	m
a. Prasedimentasi			
- Elevasi bak transisi	=	5,300	m
- Hf Saluran Pembagi	=	0,010	m
- Hf Pintu air	=	0,019	m
- Hf gutter	=	0,011	m
Hf total	=	0,040	m
Elevasi akhir	=	Elevasi awal - Hf total	
	=	5,260	m
b. Bak Ekualisasi			
- Panjang Saluran Pembawa ke bak ekualisasi	=	2,000	m
- Slope saluran	=	0,010	m/m
- Hf Saluran	=	S*L	
	=	0,020	m
- Elevasi Awal Bak	=	Elevasi akhir prased-hf	
	=	5,240	m
c. Pengaduk cepat			
Air dipompa ke bak penampung elevasi 1 m			
- Elevasi Awal	=	6,240	m
- Ketinggian terjunan	=	1,000	m
- Elevasi Bak Pengaduk	=	El.Awal - Tinggi terjunan	

	=	5,240	m
d. Pengaduk Lambat			
- Hf komp. 1	=	0,061	m
- Hf Komp. 2	=	0,039	m
- Hf komp. 3	=	0,015	m
Elevasi Akhir	=	El. Bak pengaduk-Hf1-Hf2-Hf3	
	=	5,123	m
e. Sedimentasi 2			
- Elevasi awal	=	5,123	m
- Hf Gutter	=	0,011	m
- Elevasi Akhir	=	5,112	m
f. Filter Karbon			
- Panjang saluran pembawa	=	1,000	m
- S	=	0,040	m/m
- Hf Saluran	=	$S \cdot L$	
	=	0,040	m
- Elevasi Awal	=	5,072	m
- Hf Media	=	0,100	m
- Elevasi Akhir	=	4,972	m
g. ABR-ABF			
- Panjang saluran pembawa	=	1,000	m
- S	=	0,050	m/m
- Hf Saluran	=	$S \cdot L$	
	=	0,050	m
- Elevasi Awal	=	4,922	
- Hf bangunan	=	0,0000001	m
- Elevasi Akhir	=	4,922	m

Alternatif 2

Ketinggian Awal	=	5	m
a Prasedimentasi			
.			
- Elevasi bak transisi	=	5,3	m
- Hf Saluran Pembagi	=	0,020	m

- Hf Pintu air = 0,019 m
- Hf gutter = 0,021 m
- Hf total = 0,060 m
- Elevasi akhir = Elevasi awal - Hf total
- = 5,24 m
- b Bak Ekualisasi
- .
- Panjang Saluran = 2 m
- Pembawa ke bak ekualisasi
- Slope saluran = 0,04 m/m
- Hf Saluran = $S \cdot L$
- = 0,08 m
- Elevasi Awal Bak = Elevasi akhir prased-hf
- = 5,2 m
- c. Pengaduk cepat
- Air dipompa ke bak penampung elevasi 1 m
- Elevasi Awal = 6,2 m
- Ketinggian terjunan = 1 m
- Elevasi Bak Pengaduk = El.Awal - Tinggi terjunan
- = 5,2 m
- d Pengaduk Lambat
- .
- Hf komp.1 = 0,06 m
- Hf Komp. 2 = 0,04 m
- Hf komp. 3 = 0,02 m
- Elevasi Akhir = El. Bak pengaduk-Hf1-Hf2-Hf3
- = 5,04 m
- e Sedimentasi 2
- .
- Elevasi awal = 5,04 m
- Hf Gutter = 0,021 m
- Elevasi Akhir = 5,02 m
- f. Filter Karbon

- Panjang saluran pembawa	=	1	m
- S	=	0,05	m/m
- Hf Saluran	=	$S \cdot L$	
	=	0,05	m
- Elevasi Awal	=	4,97	m
- Hf Media	=	0,1	m
- Elevasi Akhir	=	4,87	m

g Lumpur Aktif

- Panjang saluran pembawa	=	1	m
- S	=	0,05	m/m
- Hf Saluran	=	$S \cdot L$	
	=	0,05	m
- Elevasi Awal	=	4,82	
- Hf bangunan	=	0,01	m
- Elevasi Akhir	=	4,81	m
- Hf total BPlll	=	0,02	m
- Elevasi Akhir	=	4,79	m

Setelah profil hidrolis dihitung selanjutnya digambarkan dalam bagan alir . Profil hidrolis masing-masing alternatif disajikan pada gambar 4.44 dan 4.45

4.5 Perhitungan Bill of Quantity (BOQ) dan Rencana anggaran biaya (RAB)

Perhitungan volume pekerjaan dan rencana anggaran biaya pada desain IPAL mengacu pada SNI DT-91-xxx-2007 series tentang pekerjaan bangunan dan HSPK Kota Surabaya Tahun 2015.Selain menghitung RAB konstruksi dalam desain juga dihitung RAB saat operasi dan perawatan. Perhitungan BOQ dan RAB konstruksi disajikan dalam Tabel 4.6 sampai Tabel 4.8.

Tabel 4.6 Harga Satuan Pekerjaan Unit IPAL

No	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
a.	Pembuatan Bouwplank/ titik		titik		
	<u>upah</u>				
	mandor	0,0045	O.H	Rp120.000	Rp540
	kepala tukang	0,01	O.H	Rp110.000	Rp1.100
	tukang	0,1	O.H	Rp105.000	Rp10.500
	pembantu tukang	0,1	O.H	Rp99.000	Rp9.900
				jumlah	Rp22.040
	<u>Bahan/Material</u>				
	kayu meranti (bekisting)	0,008	m3	Rp3.200.000	Rp25.600

No	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
	kayu merantu (usuk 4/6)	0,012	m3	Rp4.500.000	Rp54.000
	paku biasa 2"-5"	0,05	doz	Rp27.000	Rp1.350
				jumlah	Rp80.950
				jumlah total	Rp102.990
b.	Pengukuran dan pemasangan bouwplank (UITZET)		m		
	<u>upah</u>				
	mandor	0,005	O.H	Rp120.000	Rp600
	kepala tukang	0,01	O.H	Rp110.000	Rp1.100
	tukang	0,1	O.H	Rp105.000	Rp10.500
	pembantu tukang	0,1	O.H	Rp99.000	Rp9.900
				jumlah	Rp22.100
	<u>Bahan/Material</u>				
	Kayu meranti (papan 2/20)	0,007	m3	Rp2.830.000	Rp19.810

No	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
	kayu meranti (usuk 5/7)	0,012	m3	Rp4.500.000	Rp54.000
	paku biasa 2"-5"	0,02	doz	Rp27.000	Rp540
				jumlah	Rp74.350
				jumlah total	Rp96.450
c.	Pembuatan direksi kit		m2		
	<u>upah</u>				
	mandor	0,005	O.H	Rp120.000	Rp600
	kepala tukang	0,3	O.H	Rp110.000	Rp33.000
	tukang	1	O.H	Rp105.000	Rp105.000
	pembantu tukang	2	O.H	Rp99.000	Rp198.000
				Jumlah	Rp336.600
	<u>Bahan</u>				
	Seng Gelombang BJLS 30 uk. (80x180 cm)	0,25	lembar	Rp59.000	Rp14.750
	kunci tanam	0,15	buah	Rp70.000	Rp10.500
	paku biasa 2"-5"	0,85	doz	Rp27.000	Rp22.950

No	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
	triplek uk. 110x210x4 mm	0,06	lembar	Rp67.700	Rp4.062
	Dolken kayu gelam 8-10/400 cm	1,25	batang	Rp8.500	Rp10.625
				jumlah	Rp62.887
				jumlah total	Rp399.487
II	PEKERJAAN BETON				
a.	Pekerjaan Galian tanah biasa untuk konstruksi		m3		
	<u>upah</u>				
	mandor	0,025	O.H	Rp120.000	Rp3.000
	pembantu tukang	0,75	O.H	Rp99.000	Rp74.250
				jumlah	Rp77.250
b.	Pengurugan Pasir (PADAT)				
	<u>upah</u>				
	Mandor	0,01	O.H	Rp120.000	Rp1.200
	pembantu tukang	0,3	O.H	Rp99.000	Rp29.700

No	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
				jumlah	Rp30.900
	<u>Bahan</u>				
	Pasir Urug	1,2	M3	Rp143.500	Rp172.200
				jumlah	Rp172.200
				jumlah total	Rp203.100
c.	Pekerjaan Pasangan Batu Kali Belah 15/20 cm (1 Pc : 5 Ps)				
	<u>Upah</u>				
	mandor	0,075	O.H	Rp120.000	Rp9.000
	kepala tukang	0,075	O.H	Rp110.000	Rp8.250
	tukang	0,75	O.H	Rp105.000	Rp78.750
	pembantu tukang	1,5	O.H	Rp99.000	Rp148.500
				Jumlah	Rp244.500
	<u>Bahan</u>				
	Semen PC 50 kg	2,72	Zak	Rp120.000	Rp326.400
	Pasir Pasang/Plester	0,544	m3	Rp110.000	Rp59.840

No	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
	Batu Kali Belah 15/20 cm	1,2	m3	Rp105.000	Rp126.000
				jumlah	Rp512.240
				jumlah total	Rp756.740
d.	Pekerjaan beton bertulang (150 kg besi + bekisting)		m3		
	<u>upah</u>				
	mandor	0,265	O.H	Rp120.000	Rp31.800
	kepala tukang	0,262	O.H	Rp110.000	Rp28.820
	tukang	1,3	O.H	Rp105.000	Rp136.500
	tukang	0,275	O.H	Rp105.000	Rp28.875
	tukang	1,05	O.H	Rp105.000	Rp110.250
	pembantu tukang	5,3	O.H	Rp99.000	Rp524.700
				jumlah	Rp860.945
	<u>Bahan</u>				
	semen PC 40 kg	8,4	zak	Rp63.000	Rp529.200
	pasir cor/beton	0,54	m3	Rp232.100	Rp125.334
	batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	m3	Rp466.000	Rp377.460

No	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
	besi beton polos	157,5	kg	Rp12.000	Rp1.890.000
	paku triplek/eternit	1,5	kg	Rp22.000	Rp33.000
	kawat ikat	2,25	kg	Rp23.000	Rp51.750
	kayu meranti bekisting	0,2	m3	Rp3.200.000	Rp640.000
	minyak bekisting	0,4	liter	Rp28.300	Rp11.320
				jumlah	Rp3.658.064
				jumlah total	Rp4.519.009
e.	Pekerjaan Bekisting Dinding		m2		
	<u>upah</u>				
	mandor	0,0004	O.H	Rp120.000	Rp48
	kepala tukang	0,0007	O.H	Rp110.000	Rp77
	tukang	0,007	O.H	Rp105.000	Rp735
	pembantu tukang	0,007	O.H	Rp99.000	Rp693
				Jumlah	Rp1.553
	<u>Bahan</u>				
	Paku triplek/eternit	0,4	kg	Rp22.000	Rp8.800

No	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
	Plywood uk. 122x244x9 mm	0,35	lembar	Rp93.600	Rp32.760
	Kayu kamper balok 4/6	0,02	m3	Rp6.400.000	Rp128.000
	kayu meranti bekisting	0,03	m3	Rp3.200.000	Rp96.000
	minyak bekisting	0,2	liter	Rp28.300	Rp5.660
				jumlah	Rp271.220
				jumlah total	Rp272.773
g.	Pengurugan Tanah Kembali untuk Konstruksi		m3		
	<u>upah</u>				
	mandor	0,019	O.H	Rp120.000	Rp2.280
	pembantu tukang	0,102	O.H	Rp99.000	Rp10.098
				Jumlah	Rp12.378
III	FINISHING				
a.	Pemasangan Pipa Air Kotor diameter 4"		m		

No	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
	<u>upah</u>				
	mandor	0,0041	O.H	Rp120.000	Rp492
	kepala tukang	0,0135	O.H	Rp110.000	Rp1.485
	tukang	0,135	O.H	Rp105.000	Rp14.175
	pembantu tukang	0,81	O.H	Rp99.000	Rp80.190
				jumlah	Rp96.342
	<u>Bahan</u>				
	Pipa PVC Tipe C uk 4'(4 m)	0,3	Batang	Rp89.000	Rp26.700
	Pipa PVC Tipe C uk 4'(4 m)	0,105	batang	Rp89.000	Rp9.345
				Jumlah	Rp36.045
				jumlah total	Rp132.387
b.	Pemasangan Pompa				
	<u>Upah</u>				
	Mandor	0,04	O.H	Rp120.000	Rp4.800
	Tukang	0,4	O.H	Rp105.000	Rp42.000
				Jumlah	Rp46.800
	<u>Bahan</u>				

No	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
	Pompa	1	unit	Rp9.000.000	Rp9.000.000
				Jumlah	Rp9.000.000
				Jumlah total	Rp9.046.800
c.	Pemasangan Scraper				
	<u>Upah</u>				
	Mandor	0,04	O.H	Rp120.000	Rp4.800
	Tukang	0,4	O.H	Rp105.000	Rp42.000
				Jumlah	Rp46.800
	<u>Bahan</u>				
	Motor	1	unit	Rp3.000.000	Rp3.000.000
	Scraper	1	unit	Rp700.000	Rp700.000
				Jumlah	Rp3.700.000
				Jumlah total	Rp3.746.800
d.	Pemasangan Unit Filter Press				
	<u>Upah</u>				
	Mandor	0,04	O.H	Rp120.000	Rp4.800
	Tukang	0,4	O.H	Rp105.000	Rp42.000

No	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
				Jumlah	Rp46.800
	<u>Bahan</u>				
	Filter Press	1	unit	Rp17.000.000	Rp17.000.000
				Jumlah	Rp17.000.000
				Jumlah total	Rp17.046.800
e.	Pemasangan Pompa Dosing				
	<u>Upah</u>				
	Mandor	0,04	O.H	Rp120.000	Rp4.800
	Tukang	0,4	O.H	Rp105.000	Rp42.000
				Jumlah	Rp46.800
	<u>Bahan</u>				
	Pompa	1	unit	Rp9.000.000	Rp9.000.000
				Jumlah	Rp9.000.000
				Jumlah total	Rp9.046.800
f.	Pemasangan Diffuser		m		
	<u>upah</u>				
	mandor	0,0041	O.H	Rp120.000	Rp492

No	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
	kepala tukang	0,0135	O.H	Rp110.000	Rp1.485
	tukang	0,135	O.H	Rp105.000	Rp14.175
	pembantu tukang	0,81	O.H	Rp99.000	Rp80.190
				jumlah	Rp96.342
	<u>Bahan</u>				
	Pipa Besi uk 4'(4 m)	0,3	Batang	Rp89.000	Rp26.700
	Diffuser	1	Unit	Rp89.000	Rp89.000
				Jumlah	Rp115.700
				jumlah total	Rp212.042
g.	Pemasangan Blower Udara				
	<u>Upah</u>				
	Mandor	0,04	O.H	Rp120.000	Rp4.800
	Tukang	0,4	O.H	Rp105.000	Rp42.000
				Jumlah	Rp46.800
	<u>Bahan</u>				
	Blower	1	unit	Rp20.000.000	Rp20.000.000
				Jumlah	Rp20.000.000
				Jumlah total	Rp20.046.800

No	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
h.	Pemasangan Media Sarang Tawon				
	<u>Upah</u>				
	Mandor	0,04	O.H	Rp120.000	Rp4.800
	Tukang	0,4	O.H	Rp105.000	Rp42.000
				Jumlah	Rp46.800
	<u>Bahan</u>				
	Media Sarang Tawon	1	m3	Rp2.083.333	Rp2.083.333
				Jumlah	Rp2.083.333
				Jumlah total	Rp2.130.133

Sumber: SNI DT-91-xxx-2007

Tabel 4.7 Rencana Anggaran Biaya IPAL Alternatif 1

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume Pekerjaan	Harga Satuan	Jumlah
A	PEKERJAAN PERSIAPAN				

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume Pekerjaan	Harga Satuan	Jumlah
1	Pembuatan Bouwplank/ titik	titik	12	Rp102.990	Rp1.235.880
2	Pengukuran dan pemasangan bouwplank (UITZET)	m	20	Rp96.450	Rp1.929.000
3	Pembuatan direksi kit	m2	9	Rp399.487	Rp3.595.383
B	PEKERJAAN BETON				Rp0
1	Pekerjaan Galian tanah biasa untuk konstruksi	m3	100,4	Rp77.250	Rp7.755.900
2	Pengurugan Pasir (PADAT)	m3	4,6	Rp203.100	Rp934.260
3	Pekerjaan Pasangan Batu Kali Belah 15/20 cm (1 Pc : 5 Ps)	m3	5,8	Rp756.740	Rp4.389.092
4	Pekerjaan beton bertulang (150 kg besi + bekisting)	m3	16,3	Rp4.519.009	Rp73.659.847
5	Pekerjaan Bekisting Dinding	m2	113,5	Rp272.773	Rp30.959.736
6	Pengurugan Tanah Kembali untuk Konstruksi	m3	45,5	Rp12.378	Rp563.199
C	FINISHING				
1	Pemasangan Pipa Air Kotor diameter 4'	m	15	Rp132.387	Rp1.985.805

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume Pekerjaan	Harga Satuan	Jumlah
2	Pemasangan Pompa	unit	5	Rp9.046.800	Rp45.234.000
3	Pemasangan Scraper	unit	2	Rp3.746.800	Rp7.493.600
4	Pemasangan Unit Filter Press	unit	2	Rp17.046.800	Rp34.093.600
5	Pemasangan Media Sarang Tawon	m3	1,8	Rp2.130.133	Rp3.821.459
				Jumlah	Rp217.650.760

Tabel 4.8 Rencana Anggaran Biaya IPAL Alternatif 2

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume Pekerjaan	Harga Satuan	Jumlah
A	PEKERJAAN PERSIAPAN				
1	Pembuatan Bouwplank/ titik	titik	12	Rp102.990	Rp1.235.880
2	Pengukuran dan pemasangan bouwplank (UITZET)	m	20	Rp96.450	Rp1.929.000
3	Pembuatan direksi kit	m2	9	Rp399.487	Rp3.595.383

B	PEKERJAAN BETON				
1	Pekerjaan Galian tanah biasa untuk konstruksi	m3	111,9	Rp77.250	Rp8.644.275
2	Pengurugan Pasir (PADAT)	m3	4,7	Rp203.100	Rp954.570
3	Pekerjaan Pasangan Batu Kali Belah 15/20 cm (1 Pc : 5 Ps)	m3	4,9	Rp756.740	Rp3.708.026
4	Pekerjaan beton bertulang (150 kg besi + bekisting)	m3	15,2	Rp4.519.009	Rp68.688.937
5	Pekerjaan Bekisting Dinding	m2	155,5	Rp272.773	Rp42.416.202
6	Pengurugan Tanah Kembali untuk Konstruksi	m3	44	Rp12.378	Rp544.632
C	FINISHING				
1	Pemasangan Pipa Air Kotor diameter 4'	m	17	Rp132.387	Rp2.250.579
2	Pemasangan Pompa	unit	7	Rp9.046.800	Rp63.327.600
3	Pemasangan Scraper	unit	2	Rp3.746.800	Rp7.493.600
4	Pemasangan Unit Filter Press	unit	2	Rp17.046.800	Rp34.093.600

5	Pemasangan Diffuser	m	15	Rp212.042	Rp3.180.630
6	Pemasangan Blower Udara	unit	1	Rp20.046.800	Rp20.046.800
				Jumlah	Rp262.109.713

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8 diketahui biaya yang dibutuhkan untuk membangun unit IPAL alternatif 1 sebesar **Rp217.650.760** sedangkan Unit IPAL alternatif 2 sebesar **Rp262.109.713**. Nilai RAB tersebut belum termasuk anggaran penyediaan lahan untuk pembangunan IPAL karena pengelola telah menyediakan lahan untuk pembangunan IPAL.

Dalam desain juga dihitung RAB untuk kegiatan operasi dan perawatan. Perhitungan RAB operasi dan perawatan disajikan pada Tabel 4.9 sampai Tabel 4.12.

Tabel 4.9 Rencana Anggaran Biaya Kegiatan Pengoperasian IPAL Alternatif 1

No	Jenis Kebutuhan	Jumlah Kebutuhan	Satuan	Waktu Operasi (Jam/hari)	Jumlah Unit	Harga Satuan	Harga Total/bulan
1	Kebutuhan listrik pompa						
a.	Bak Ekualisasi	1,6	kWh	24	1	Rp1.409	Rp1.623.168

No	Jenis Kebutuhan	Jumlah Kebutuhan	Satuan	Waktu Operasi (Jam/hari)	Jumlah Unit	Harga Satuan	Harga Total/bulan
b.	Bak Pengendap 2	1,6	kWh	0,5	1	Rp1.409	Rp33.816
c.	Pembubuh PAC	0,4	kWh	24	1	Rp1.409	Rp405.792
d.	Pembubuh MgO	0,4	kWh	24	1	Rp1.409	Rp405.792
e.	Filter Press	1,6	kWh	0,5	1	Rp1.409	Rp33.816
2	Kebutuhan Koagulan						
a.	PAC	2,1	Liter/hari	-	1	Rp15.000	Rp945.000
b.	MgO	0,2	kg/hari	-	1	Rp9.000	Rp54.000
3	Kebutuhan listrik filter press	4	kWh	0,5	2	Rp1.409	Rp169.080

No	Jenis Kebutuhan	Jumlah Kebutuhan	Satuan	Waktu Operasi (Jam/hari)	Jumlah Unit	Harga Satuan	Harga Total/bulan
	Total per Bulan						Rp3.670.464
	Total per Tahun						Rp44.045.568
	Total 5 Tahun						Rp220.227.840

Tabel 4.10 Rencana Anggaran Biaya Kegiatan Perawatan IPAL Alternatif 1

No	Jenis Kebutuhan	Jumlah Kebutuhan	Satuan	Harga Satuan	Harga Total/Tahun
1	Perawatan Pompa/6 bulan	5	Unit	Rp100.000	Rp500.000
2	Pengurasan ABR-ABF/6 bulan	2	Kali	Rp100.000	Rp200.000

No	Jenis Kebutuhan	Jumlah Kebutuhan	Satuan	Harga Satuan	Harga Total/Tahun
3	Pengurasan Lumpur Bak Ekualisasi/6 bulan	2	Kali	Rp100.000	Rp200.000
4	Penggantian dan reaktivasi media karbon/ 1 bulan	12	Kali	Rp100.000	Rp1.200.000
5	Pengecekan Saluran/ bulan	12	Kali	Rp100.000	Rp1.200.000
	Total per tahun				Rp3.300.000
	Total 5 tahun				Rp16.500.000

Berdasarkan hasil perhitungan RAB kegiatan operasi IPAL alternatif 1 selama 5 tahun sebesar Rp220.227.840. Pada kegiatan operasi kebutuhan terbesar terletak pada pengoperasian pompapada

tiap unit bangunan. Sedangkan pada kegiatan perawatan untuk alternatif 1 membutuhkan dana sebesar Rp16.500.000 dimana biaya terbesar berasal dari kegiatan aktivasi arang karbon aktif.

Tabel 4.10 Rencana Anggaran Biaya Kegiatan Pengoperasian IPAL Alternatif 2

No	Jenis Kebutuhan	Jumlah Kebutuhan	Satuan	Waktu Operasi (Jam/hari)	Jumlah Unit	Harga Satuan	Harga Total/bulan
1	Kebutuhan listrik pompa						
a.	Bak Ekualisasi	1,6	kWh	24	1	Rp1.409	Rp1.623.168
b.	Bak Pengendap 2	1,6	kWh	0,5	1	Rp1.409	Rp33.816
c.	Pembubuh PAC	0,4	kWh	24	1	Rp1.409	Rp405.792
d.	Pembubuh MgO	0,4	kWh	24	1	Rp1.409	Rp405.792
e.	Clarifier	1,6	kWh	2	2	Rp1.409	Rp270.528
f.	Filter Press	1,6	kWh	0,5	1	Rp1.410	Rp33.840
2	Kebutuhan Koagulan						
a.	PAC	2,1	Liter/hari	-	1	Rp15.000	Rp945.000

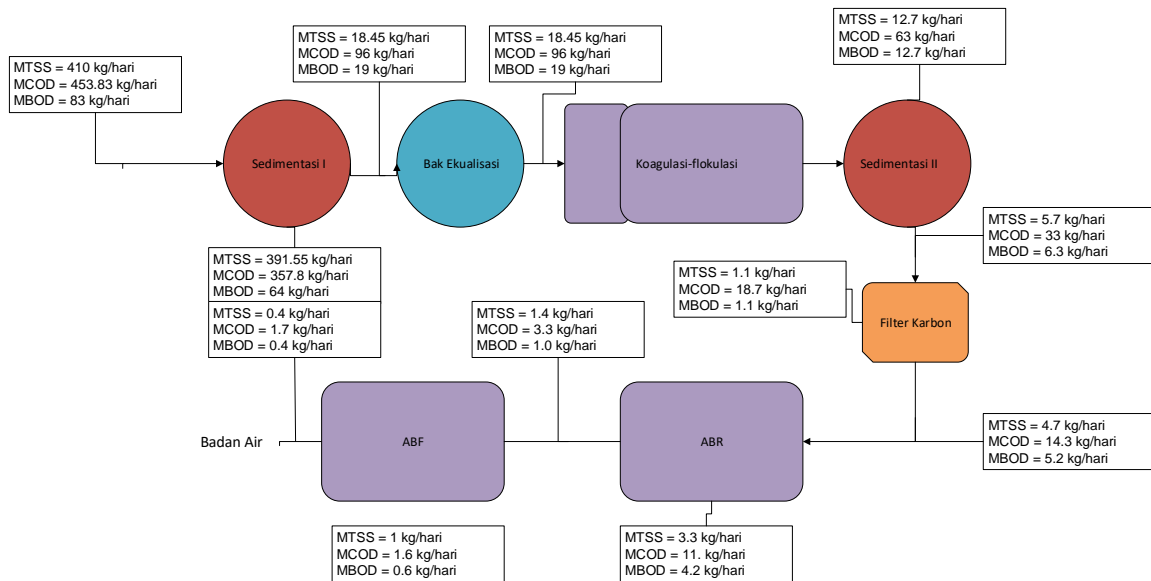
No	Jenis Kebutuhan	Jumlah Kebutuhan	Satuan	Waktu Operasi (Jam/hari)	Jumlah Unit	Harga Satuan	Harga Total/bulan
b.	MgO	0,2	kg/hari	-	1	Rp9.000	Rp54.000
3	Kebutuhan listrik filter press	4	kWh	0,5	2	Rp1.409	Rp169.080
4	Kebutuhan Listrik Aerator	8	kWh	24	1	Rp1.409	Rp8.115.840
	Total per Bulan						Rp12.056.856
	Total per Tahun						Rp144.682.272
	Total 5 Tahun						Rp632.719.375

Tabel 4.11 Rencana Anggaran Biaya Kegiatan Perawatan IPAL Alternatif 2

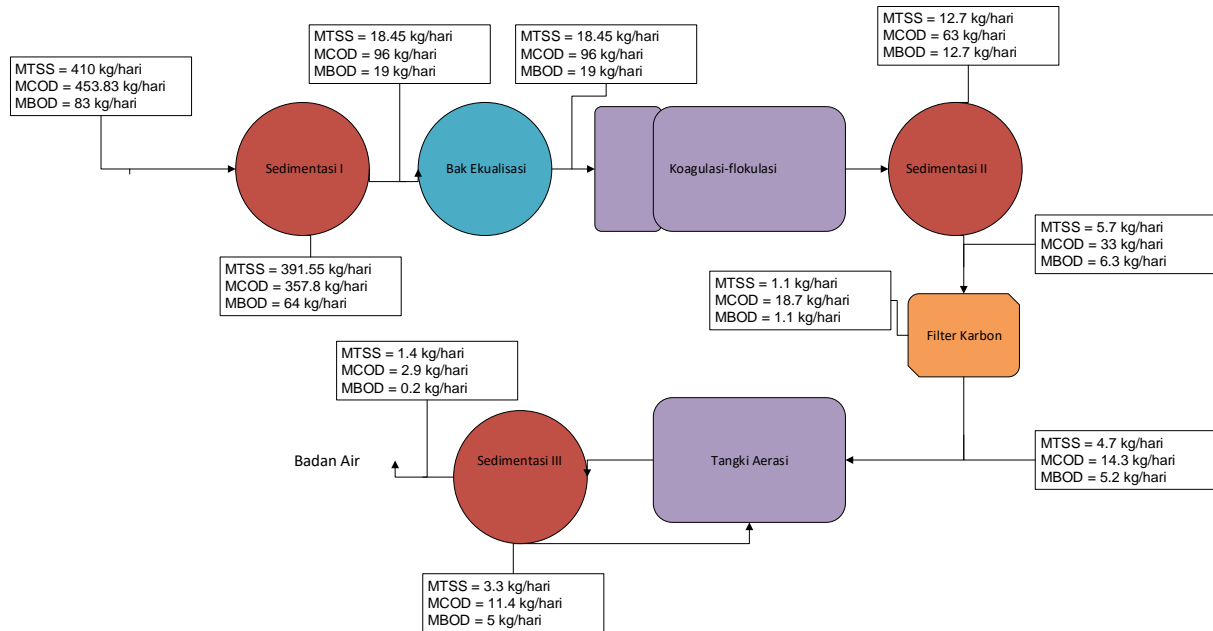
No	Jenis Kebutuhan	Jumlah Kebutuhan	Satuan	Harga Satuan	Harga Total/Tahun
1	Perawatan Pompa/6 bulan	7	Unit	Rp100.000	Rp1.400.000
2	Pengecekan Aerator/6 bulan	2	Kali	Rp100.000	Rp400.000

No	Jenis Kebutuhan	Jumlah Kebutuhan	Satuan	Harga Satuan	Harga Total/Tahun
3	Pengurasan Lumpur Bak Ekualisasi/6 bulan	2	Kali	Rp100.000	Rp400.000
4	Penggantian dan reaktivasi media karbon/ 1 bulan	12	Kali	Rp100.002	Rp1.200.024
5	Pengecekan Saluran/ bulan	12	Kali	Rp100.000	Rp1.200.000
	Total per tahun				Rp5.800.052
	Total 5 tahun				Rp29.000.260

Berdasarkan hasil perhitungan RAB kegiatan operasi IPAL alternatif 2 selama 5 tahun sebesar Rp632.719.375. Pada kegiatan operasi kebutuhan terbesar terletak pada pengoperasian aerator pada unit aerasi. Sedangkan pada kegiatan perawatan untuk alternatif 2 membutuhkan dana sebesar Rp29.000.260 dimana biaya terbesar berasal dari kegiatan aktivasi arang karbon aktif.

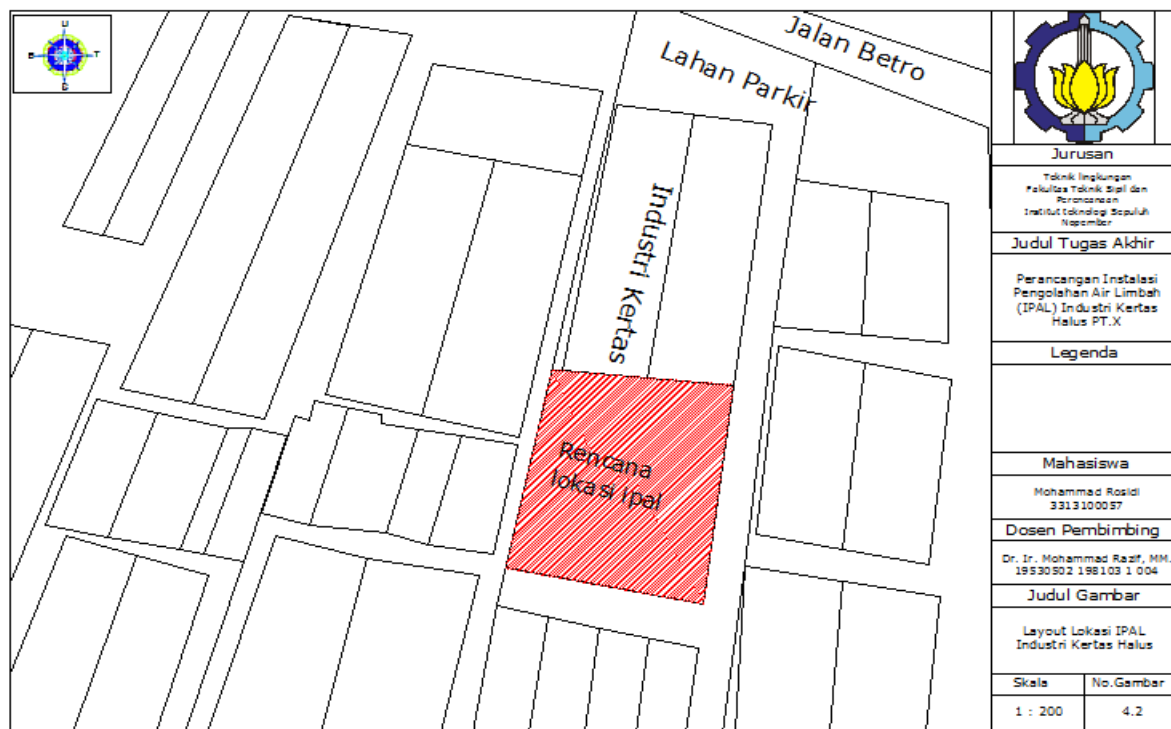


Gambar 4.24 Keseimbangan Massa Alternatif 1



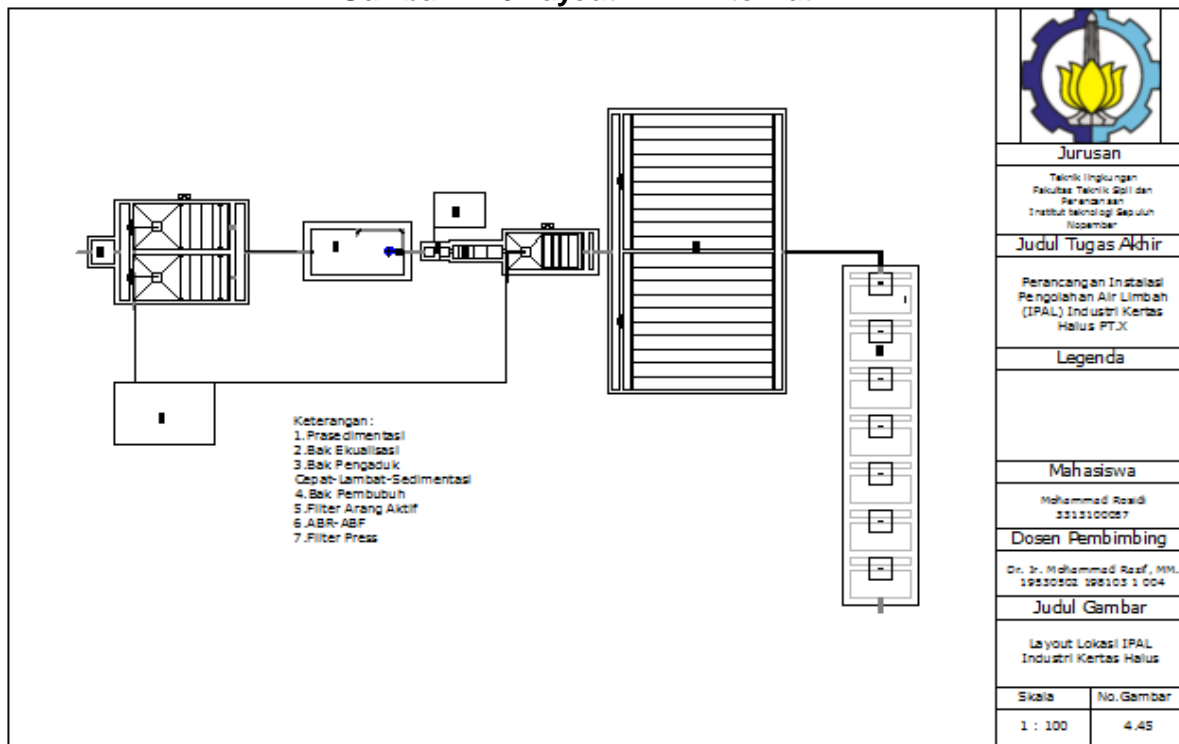
Gambar 4.25 Keseimbangan Massa Alternatif 2

Gambar 4.2 Lokasi Pembangunan IPAL



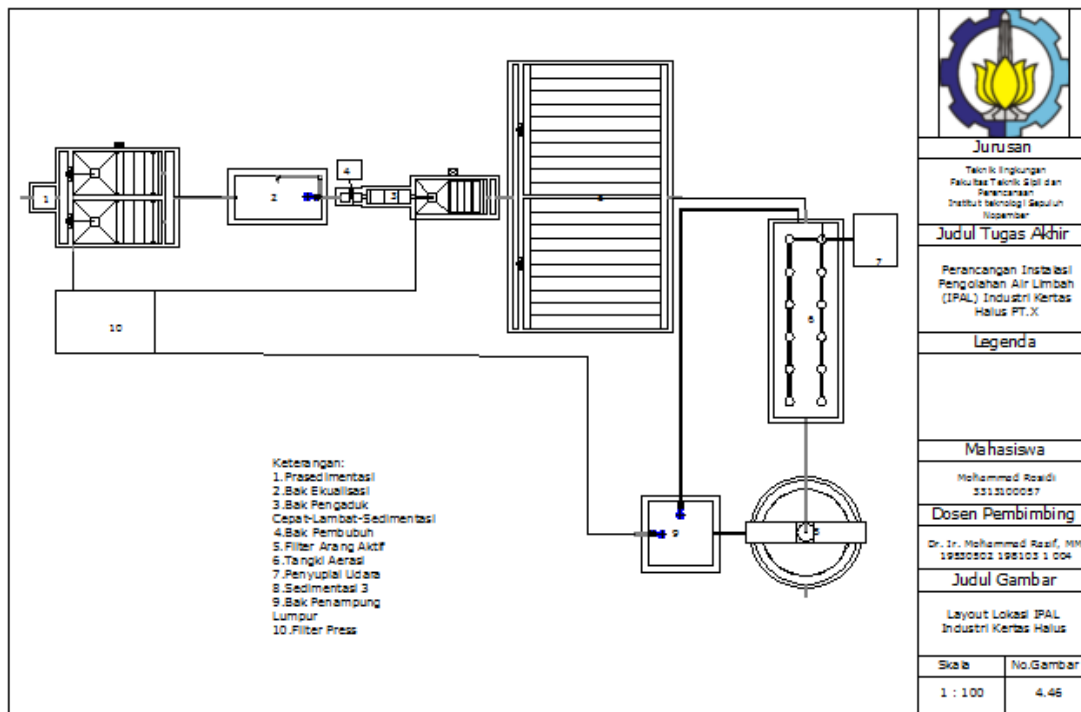
Halaman ini sengaja dikosongkan

Gambar 4.26 Layout IPAL Alternatif 1



Halaman ini sengaja dikosongkan

Gambar 4.27 Layout IPAL Alternatif 2



Jurusan

Teknik Injeneran
 Fakultas Teknik Sipil dan
 Perencanaan
 Institut Teknologi Sepuluh
 Nopember

Judul Tugas Akhir

Perencanaan Instalasi
 Pengolahan Air Limbah
 (IPAL) Industri Kertas
 Halus PT.X

Legenda

Mahasiswa

Mohammed Roudi
 3313100057

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Mohammed Raif, MSc,
 19830502 198103 1 004

Judul Gambar

Layout Lokasi IPAL
 Industri Kertas Halus

Skala

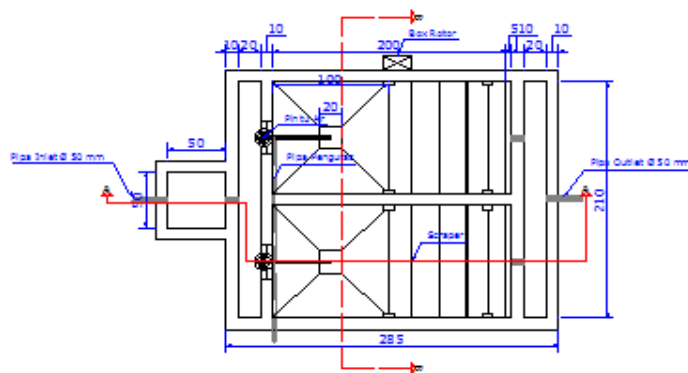
1 : 100

No. Gambar

4.46

Halaman ini sengaja dikosongkan

Gambar 4.28 Denah Prasedimentasi



Jun 25, 2015

Teknik Injeksi
Fakultas Teknik Sipil dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
November

Judul Tugas Akhir

Perancangan Instalasi
Pengolahan Air Limbah
(IPAL) Industri Kertas
Halus PT.X

Legenda

Mahasiswa

Mohammed Razi

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Mohammad Razif, MM.

Judul Gambar

Denah Prasedimentasi

Scale

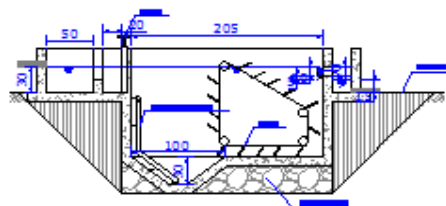
No.Gambar

1:5

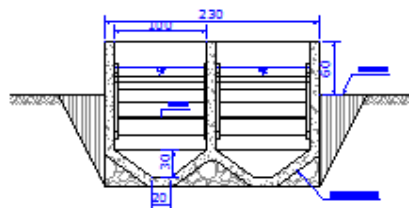
4.23

Halaman ini sengaja dikosongkan

Gambar 4.29 Potongan Prasedimentasi



Potongan A-A



Potongan B-B



Jurusan

Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik, 2018 dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

Perencanaan Instalasi
Pengolahan Air Limbah
(IPAL) Industri Kertas
Halus PT.X

Legenda

Mahasiswa

Mohammad Rosid
3313100057

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Mohammad Rafiq, MM.
19530502 198103 1 004

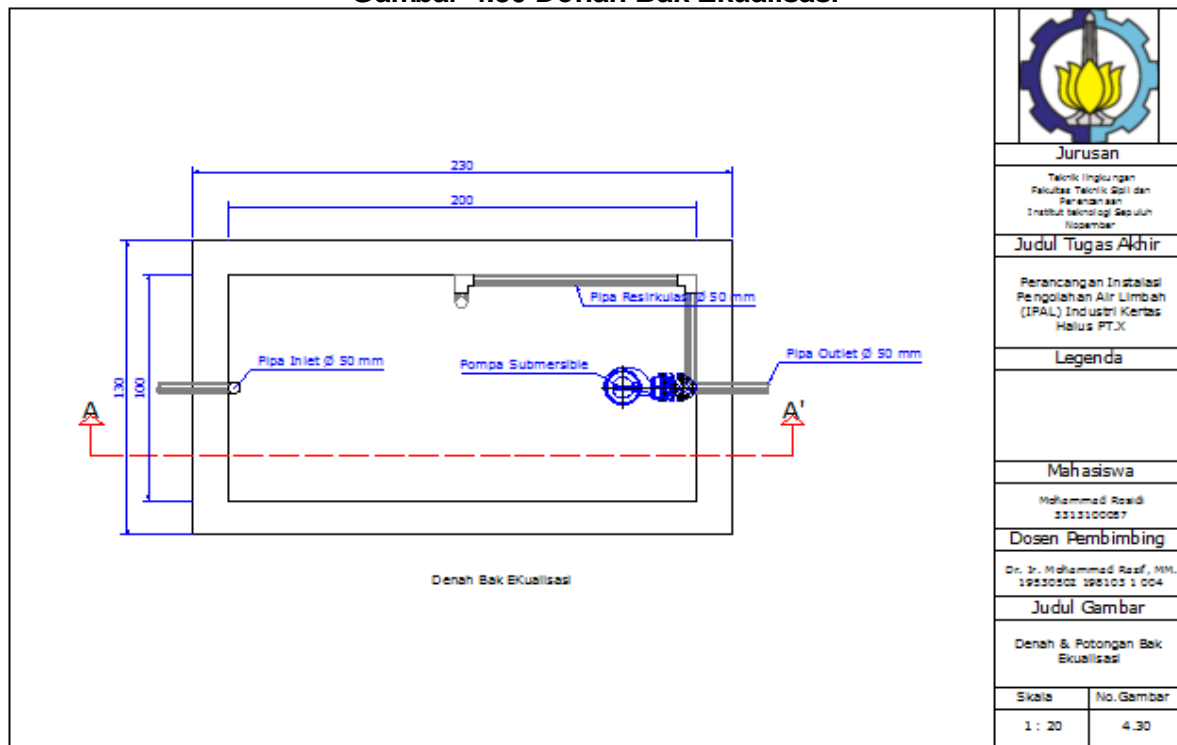
Judul Gambar

Potongan
Prasedimentasi

Skala	No. Gambar
1 : 50	4.29

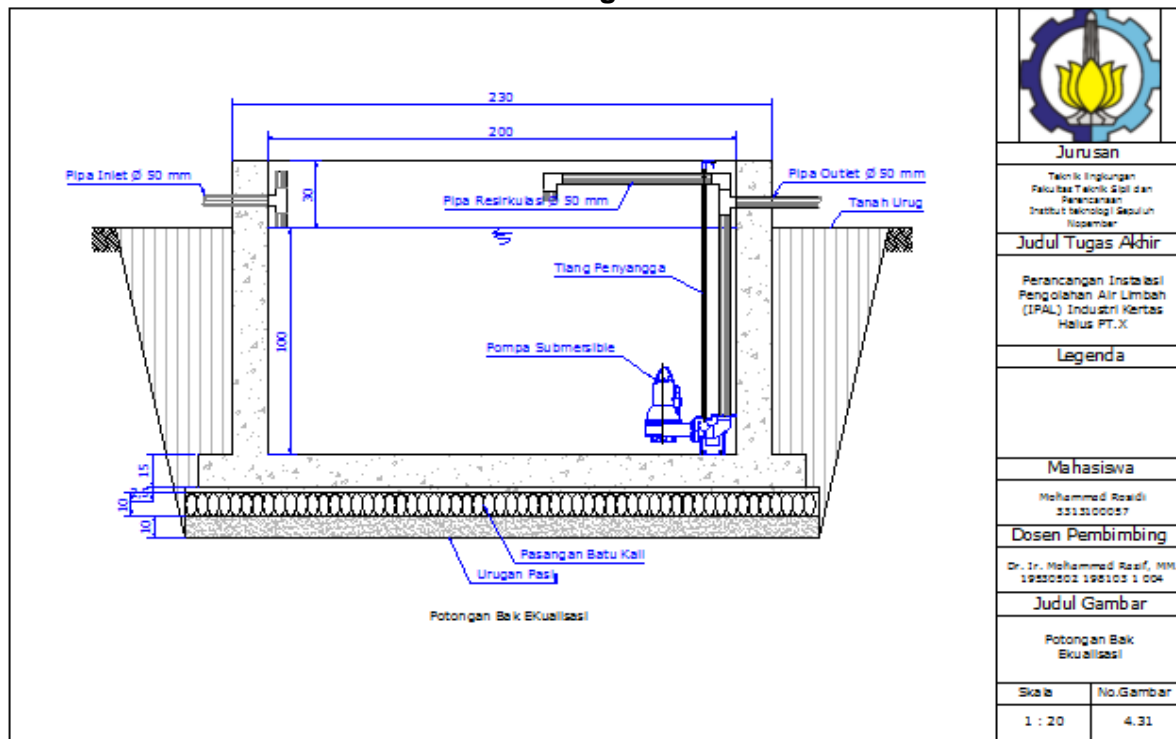
Halaman ini sengaja dikosongkan

Gambar 4.30 Denah Bak Ekualisasi



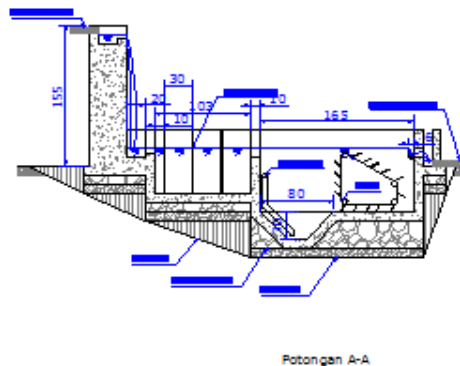
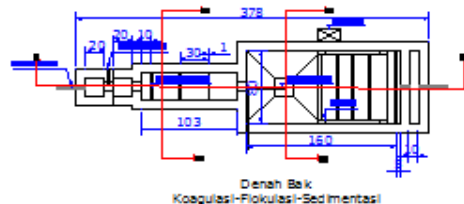
Halaman ini sengaja dikosongkan

Gambar 4.31 Potongan Bak Ekualisasi



Halaman ini sengaja dikosongkan

Gambar 4.32 Denah Pengaduk Cepat-Pengaduk lambat-Sedimentasi



Jurusan

Teknik Injeneran
 Fakultas Teknik Sipil dan
 Perencanaan
 Institut Teknologi Sepuluh
 Nopember

Judul Tugas Akhir

Perancangan Instalasi
 Pengolahan Air Limbah
 (IPAL) Industri Kertas
 Hulus PT.X

Legenda

Mahasiswa

Mohammad Raed
 3313100057

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Mohammad Raef, MM.
 19930302 199103 1 004

Judul Gambar

Denah dan Potongan
 Pengaduk
 Cepat-Pengaduk
 Lambat-Sedimentasi

Skala

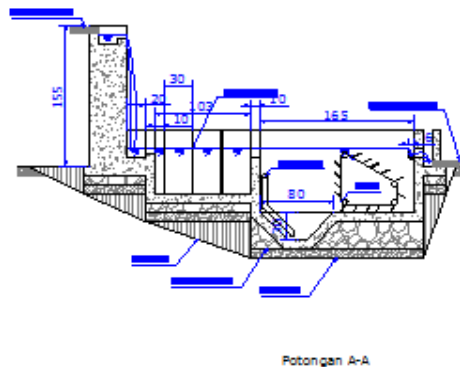
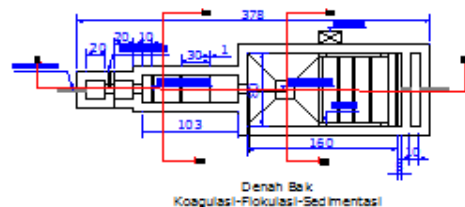
1 : 50

No. Gambar

4.33

Halaman ini sengaja dikosongkan

Gambar 4.33 Potongan Memanjang Pengaduk Cepat-Pengaduk lambat-Sedimentasi



Jurusan

Teknik Injeneran
 Fakultas Teknik Sipil dan
 Perencanaan
 Institut Teknologi Sepuluh
 Nopember

Judul Tugas Akhir

Perancangan Instalasi
 Pengolahan Air Limbah
 (IPAL) Industri Kertas
 Hulus PT.X

Legenda

Mahasiswa

Mohammad Rizki
 3313100057

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Mohammad Rizki, MM.
 19530502 195103 1 004

Judul Gambar

Denah dan Potongan
 Pengaduk
 Cepat-Pengaduk
 Lambat-Sedimentasi

Skala

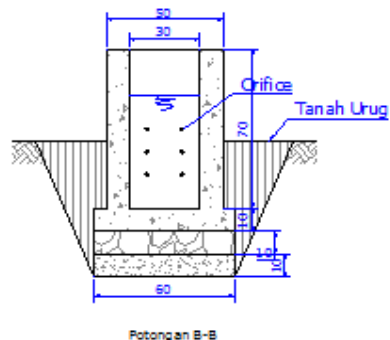
1 : 50

No. Gambar

4.33

Halaman ini sengaja dikosongkan

Gambar 4.34 Potongan Melintang Pengaduk Cepat-Pengaduk lambat-Sedimentasi



Jurusan

Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

Perencanaan Instalasi
Pengolahan Air Limbah
(IPAL) Industri Kertas
Halus PT.X

Legenda

Mahasiswa

Mohammed Raziq
3313100007

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Mohammed Raziq, MM.
19330002 198103 1 004

Judul Gambar

Potongan Pengaduk
Cepat-Pengaduk
Lambat-Sedimentasi 2

Skala

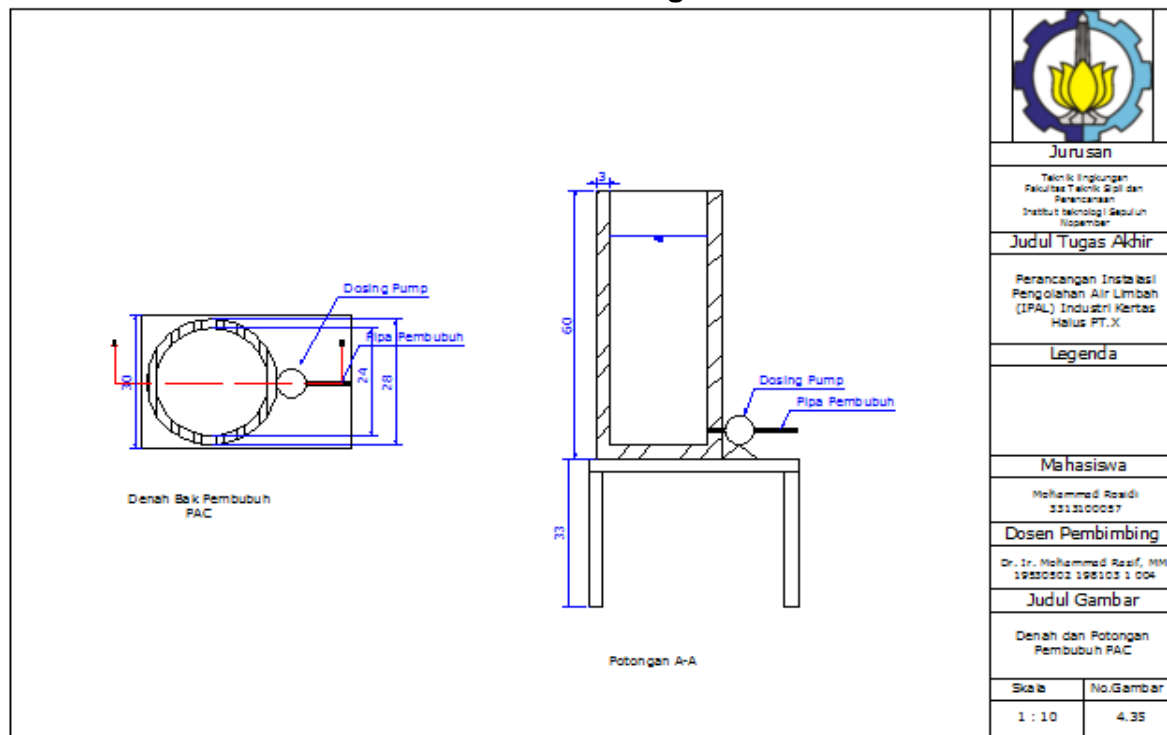
1 : 25

No. Gambar

4.34

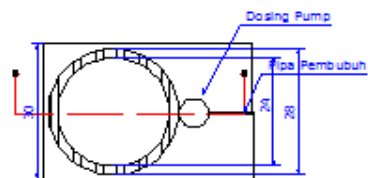
Halaman ini sengaja dikosongkan

Gambar 4.35 Denah dan Potongan Pembubuh PAC

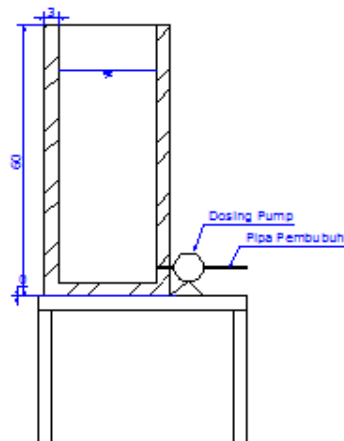


Halaman ini sengaja dikosongkan

Gambar 4.36 Denah dan Potongan Pembubuh MgO



Denah Bak Pembubuh
MgO



Potongan A-A



Jurusan

Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik, Sipil dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

Perancangan Instalasi
Pengolahan Air Limbah
(IPAL) Industri Kertas
Halus PT.X

Legenda

Mahasiswa

Mohammad Razi
3313100057

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Mohammad Rafiq, MM.
19530502 195103 1 004

Judul Gambar

Denah dan Potongan
Pembubuh MgO

Skala

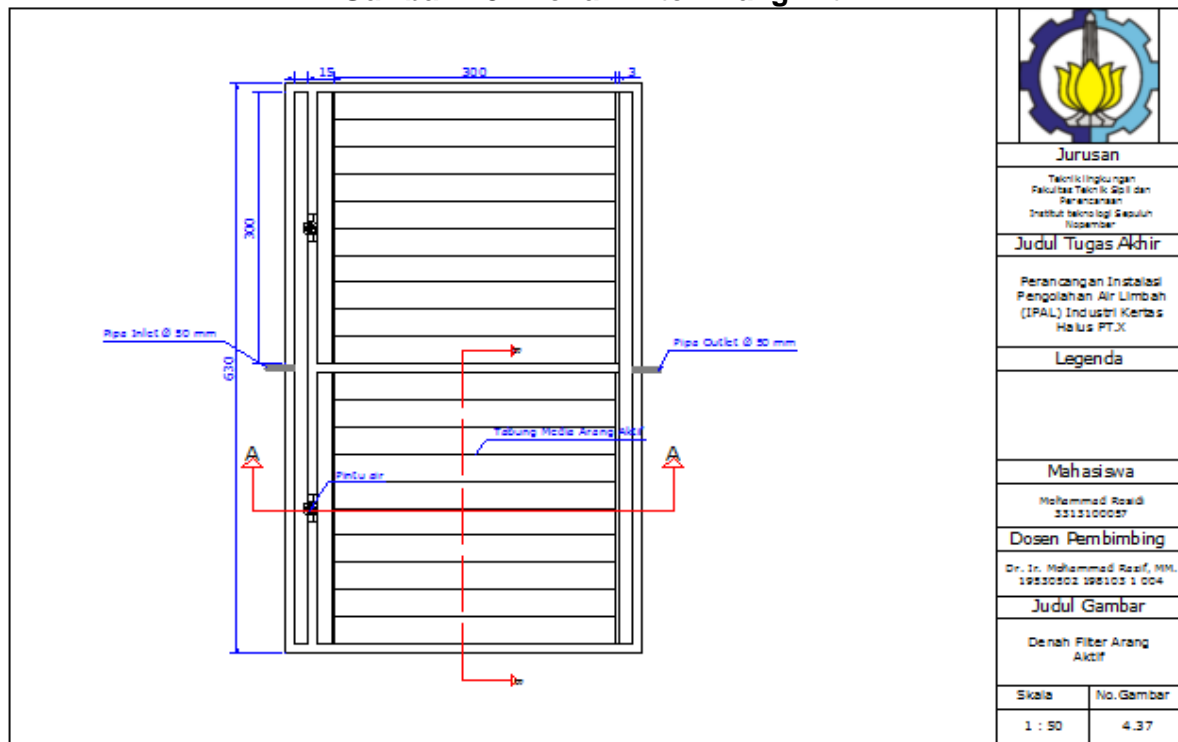
1 : 10

No. Gambar

4.36

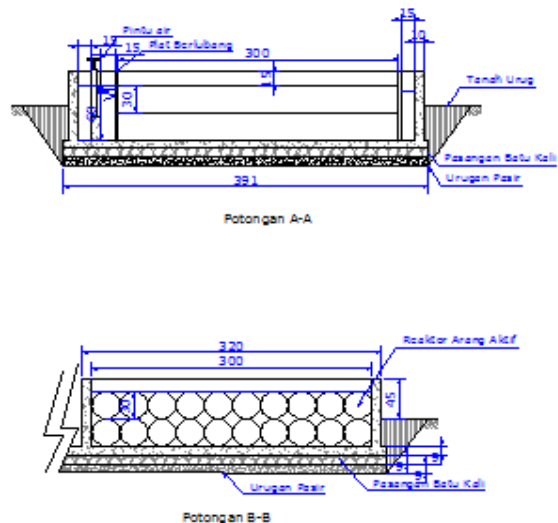
Halaman ini sengaja dikosongkan

Gambar 4.37 Denah Filter Arang Aktif



Halaman ini sengaja dikosongkan

Gambar 4.38 Potongan Filter Arang Aktif



Jurusan

Teknik Injeneran
Fakultas Teknik Sili dan
Sains dan
Institut teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

Perancangan Instalasi
Pengolahan Air Limbah
(IPAL) Industri Kertas
Halius PT.X

Legenda

Mahasiswa

Mohammad Razi
3313100057

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Mohammad Razi, MM.
19830303 198303 1 004

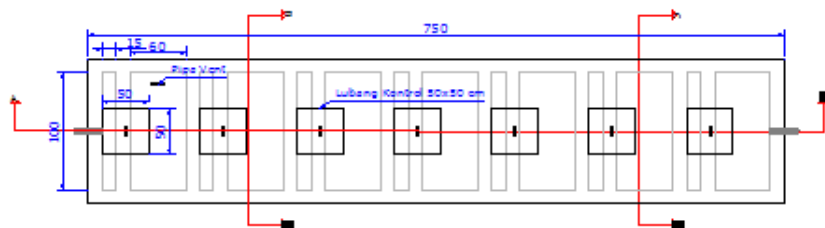
Judul Gambar

Potongan Filter Arang
Aktif

Skala	No. Gambar
1 : 50	4.38

Halaman ini sengaja dikosongkan

Gambar 4.39 Denah ABR-ABF



Jurusan

Teknik Injeneran
Fakultas Teknik, Sipil dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

Perencanaan Instalasi
Pengolahan Air Limbah
(IPAL) Industri Kertas
Halus PT.X

Legenda

Mahasiswa

Mohammed Rosdi
3313100057

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Mohammed Razif, MM,
19550502 195103 1 004

Judul Gambar

Denah ABR-ABF

Skala

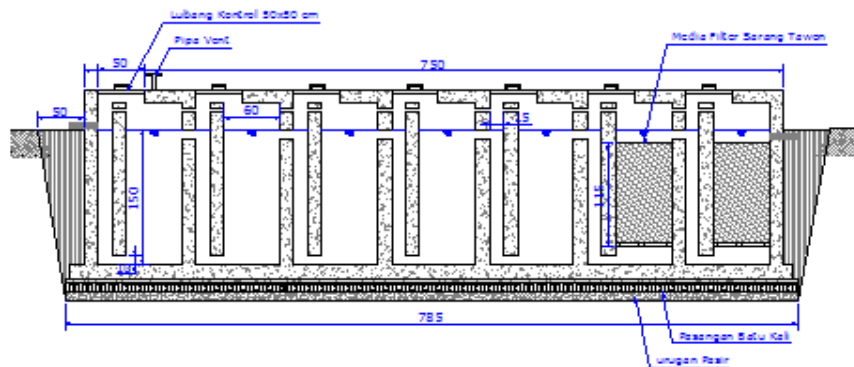
1 : 50

No. Gambar

4.39

Halaman ini sengaja dikosongkan

Gambar 4.40 Potongan Memanjang ABR-ABF



Potongan A-A



Jurusan

Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik, Sipil dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

Perancangan Instalasi
Pengolahan Air Limbah
(IPAL) Industri Kertas
Halus PT.X

Legenda

Mahasiswa

Mohammad Rizki
3313100057

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Mohammad Rizki, MM,
19530502 195103 1 004

Judul Gambar

Potongan ABR-ABF

Skala

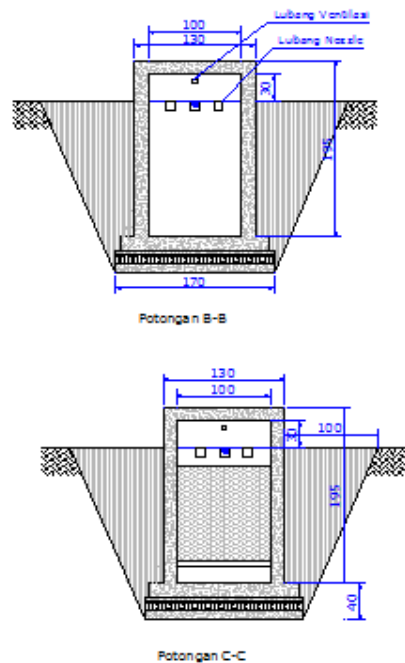
1 : 50

No. Gambar

4.40

Halaman ini sengaja dikosongkan

Gambar 4.41 Potongan Melintang ABR-ABF



Jurusan

Teknik Injeneran
 Fakultas Teknik Sipil dan
 Perencanaan
 Institut Teknologi Sepuluh
 Nopember

Judul Tugas Akhir

Perancangan Instalasi
 Pengolahan Air Limbah
 (IPAL) Industri Kertas
 Hulus PT.X

Legenda

Mahasiswa

Mohammad Raed
 3313100057

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Mohammad Raed, MM.
 19930302 199103 1 004

Judul Gambar

Potongan ABR-ABF

Skala

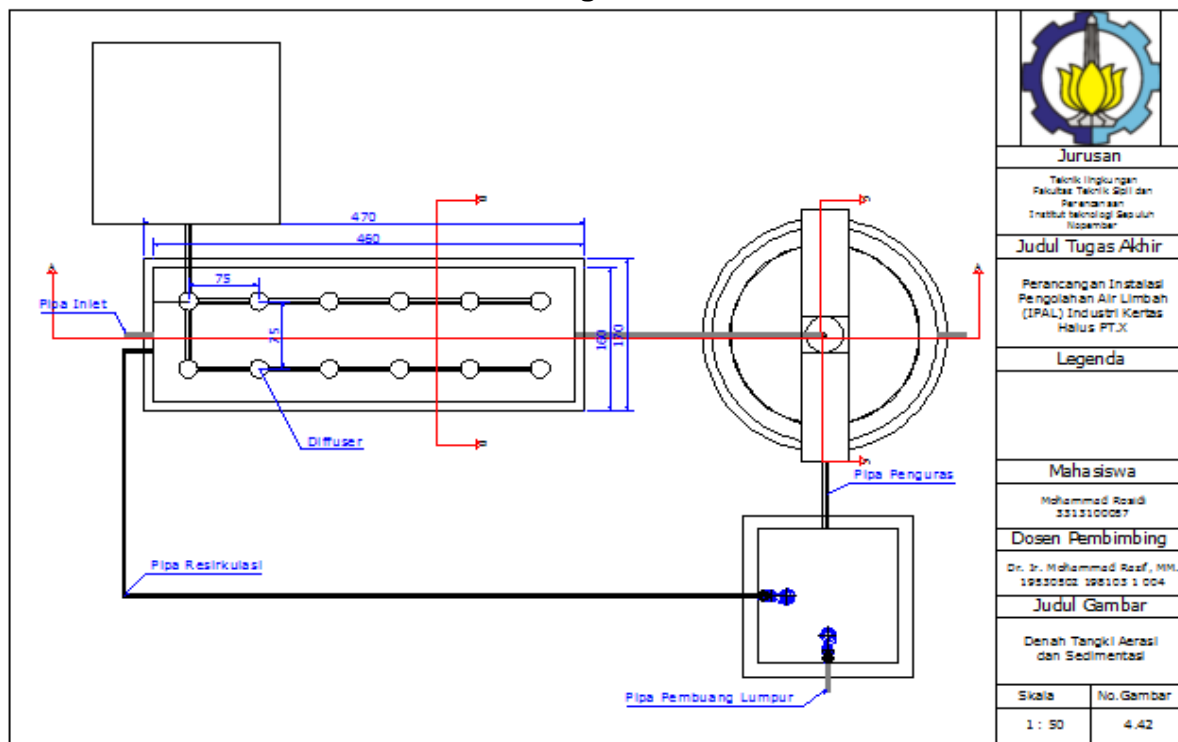
1 : 45

No. Gambar

4.41

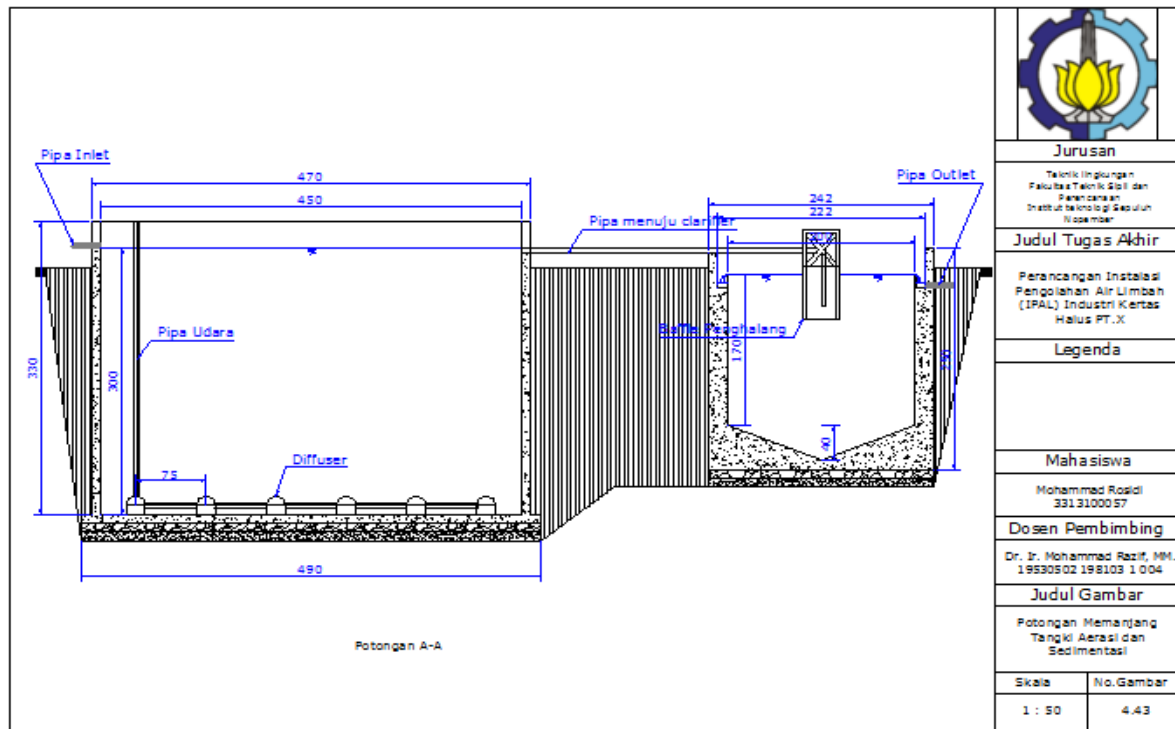
Halaman ini sengaja dikosongkan

Gambar 4.42 Denah Tangki Aerasi dan Sedimentasi



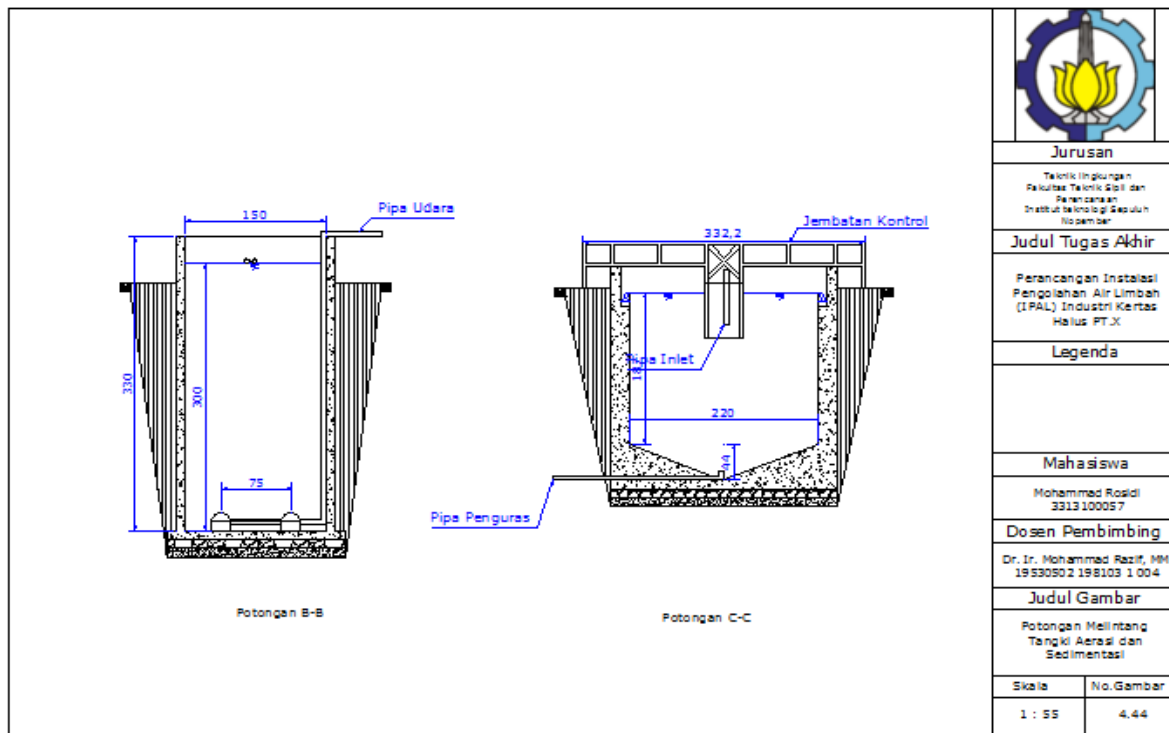
Halaman ini sengaja dikosongkan

Gambar 4.43 Potongan Memanjang Tangki Aerasi dan Sedimentasi



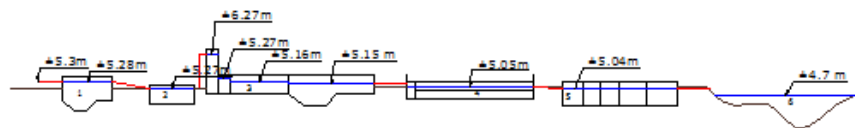
Halaman ini sengaja dikosongkan

Gambar 4.43 Potongan Melintang Tangki Aerasasi dan Sedimentasi



Halaman ini sengaja dikosongkan

Gambar 4.44 Profil Hidrolis Alternatif 1



Keterangan:
 1. Prasedimentasi
 2. Bak Ekuilisasi
 3. Bak Pengaduk
 4. Filter Arang Aktif
 5. ABR-ABF
 6. Badan Air



Jurusan

Teknik Injenerian
 Fakultas Teknik Sipil dan
 Perencanaan
 Institut Teknologi Sepuluh
 Nopember

Judul Tugas Akhir

Perancangan Instalasi
 Pengolahan Air Limbah
 (IPAL) Industri Kertas
 Halus PT.X

Legenda

Mahasiswa

Mohammad Rosdi
 3313100057

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Mohammad Razif, MM.
 195305021981031004

Judul Gambar

Profil Hidrolis Alternatif
 1

Skala

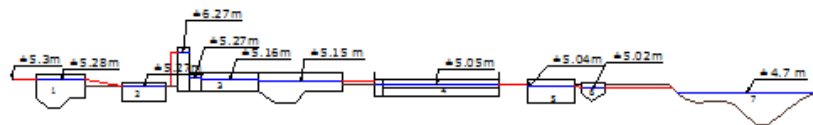
No. Gambar

Tanpa
 Skala

4.47

Halaman ini sengaja dikosongkan

Gambar 4.45 Profil Hidrolis Alternatif 2



Keterangan:
 1. Prasedimentasi
 2. Bak Ekualisasi
 3. Bak Pengaduk
 Cepat-Lambat-Sedimentasi
 4. Filter Arang Aktif
 5. Tangki Aerasi
 6. Sedimentasi 3
 7. Badan Air



Jurusan

Teknik Lingkungan
 Fakultas Teknik Sipil dan
 Perencanaan
 Institut Teknologi Sepuluh
 Nopember

Judul Tugas Akhir

Perencanaan Instalasi
 Pengolahan Air Limbah
 (IPAL) Industri Kertas
 Hulus PT.X

Legenda

Mahasiswa

Mohammad Rosidi
 3313100057

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Mohammad Razif, MM.
 195305021981031004

Judul Gambar

Profil Hidrolis Alternatif
 2

Skala

Tanpa
 Skala

No. Gambar

4.48

Halaman ini sengaja dikosongkan

4.6 Perbandingan Kelebihan dan Kekurangan Unit IPAL

Pada Subbab 4.6 akan dibahas perbandingan kelebihan dan kekurangan masing-masing alternative IPAL. Parameter perbandingan yang digunakan terdiri atas:

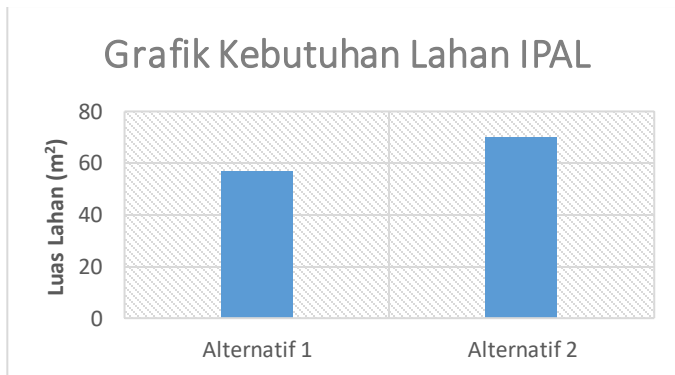
- Kebutuhan lahan
- Efisiensi removal
- RAB konstruksi, operasi dan perawatan

A. Kebutuhan Lahan

Perbandingan luas lahan yang dibutuhkan dalam membangun masing-masing IPAL disajikan pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Perbandingan Kebutuhan Lahan masing-masing alternatif

Parameter	Alternatif 1	Alternatif 2
Luas Lahan (m ²)	56,6	70,08



Gambar 4.46 Grafik Perbandingan Kebutuhan Lahan Alternatif IPAL

Data pada Tabel 4.13 selanjutnya di plotkan ke grafik untuk melihat sejauh apa perbedaan kebutuhan lahan pada masing-masing alternatif. Grafik kebutuhan lahan disajikan pada Gambar 4.46.

Kebutuhan lahan pada alternatif 2 lebih besar disebabkan karena jumlah bangunan pada alternatif 2 yang lebih banyak dari alternatif 1. Adapun yang membedakan jumlah bangunan antara alternatif 1 dan alternatif 2 adalah pada pengolahan biologis. Pada alternatif 2 pengolahan biologis digunakan adalah tangkai aerasi. Pada proses tangkai aerasi proses degradasi dan pemisahan padatan berlangsung secara terpisah, sehingga diperlukan bangunan clarifier untuk memisahkan MLSS dari air limbah.

B. Efisiensi Pengolahan

Pada perbandingan efisiensi pengolahan pada masing-masing IPAL digunakan parameter BOD, COD dan TSS. Sedangkan untuk parameter Pb dalam analisa tidak ditampilkan karena konsentrasinya yang terlalu kecil dan fokus pengolahan Pb tidak berlangsung pada semua proses.

Tabel 4.14 Perbandingan Efisiensi Pengolahan masing-masing alternatif

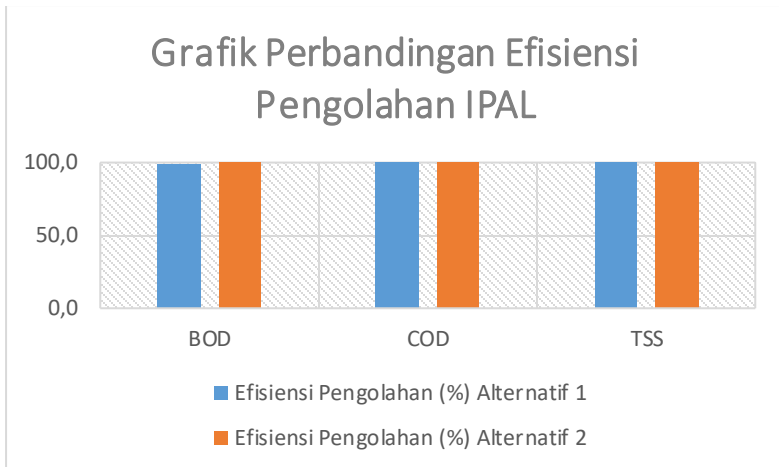
Parameter	Efisiensi Pengolahan (%)	
	Alternatif 1	Alternatif 2
BOD	99,5	99,8
COD	99,7	99,9
TSS	99,99	100,0

Data pada Tabel 4.14 selanjutnya di plotkan ke grafik untuk melihat sejauh apa perbedaan efisiensi pengolahan pada masing-masing alternatif. Grafik kebutuhan lahan disajikan pada Gambar 4.47.

Berdasarkan Gambar 4.47 tidak ada perbedaan yang signifikan pada masing-masing alternatif. Hal tersebut disebabkan karena penyisihan terbesar masing-masing polutan sebagian besar terjadi pada pengolahan secara fisik-kimia pada masing-masing alternatif. Pengolahan biologis yang divariasikan pada desain IPAL hanya mengolah polutan yang masih belum bisa diolah secara fisik-kimia.

Perhitungan efisiensi pengolahan biologis pada desain IPAL masih didasarkan pada hasil perhitungan yang mengacu

pada textbook dan jurnal. Sehingga belum bisa dibandingkan secara lebih mendalam guna menentukan alternatif terbaik berdasarkan pada efisiensi pengolahan untuk jenis limbah dengan rasio BOD/COD<0,5.



Gambar 4.47 Grafik Perbandingan Efisiensi Pengolahan Alternatif IPAL

C. Rencana Anggaran Biaya Konstruksi

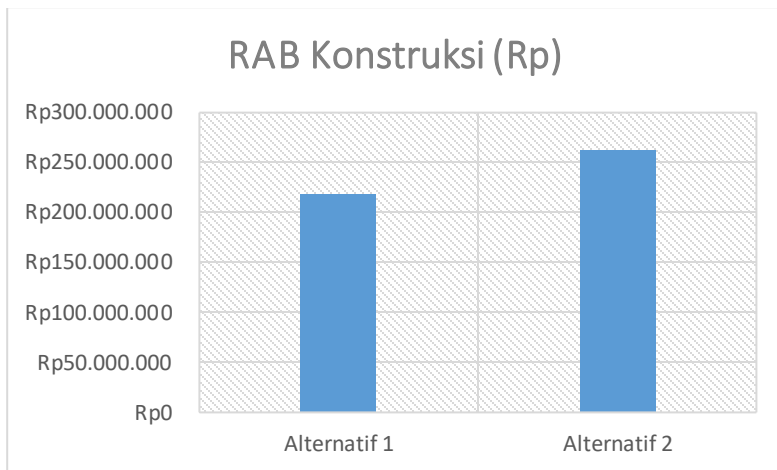
Perbandingan rencana anggaran biaya konstruksi yang dibutuhkan dalam membangun masing-masing IPAL disajikan pada Tabel 4.15.

Data pada Tabel 4.15 selanjutnya di plotkan ke grafik untuk melihat sejauh apa perbedaan RAB konstruksi pada masing-masing alternatif. Grafik kebutuhan lahan disajikan pada Gambar 4.48.

Nilai RAB konstruksi untuk alternative 2 lebih besar disebabkan karena jumlah bangunan yang lebih banyak serta adanya penambahan peralatan seperti diffuser dan pompa. Penambahan tersebut mengakibatkan nilai RAB konstruksi alternatif 2 juga ikut meningkat.

Tabel 4.15 Perbandingan RAB konstruksi masing-masing alternatif

Parameter	Alternatif 1	Alternatif 2
RAB Konstruksi (Rp)	Rp217.650.760	Rp262.109.713



Gambar 4.48 Grafik Perbandingan RAB Konstruksi Alternatif IPAL

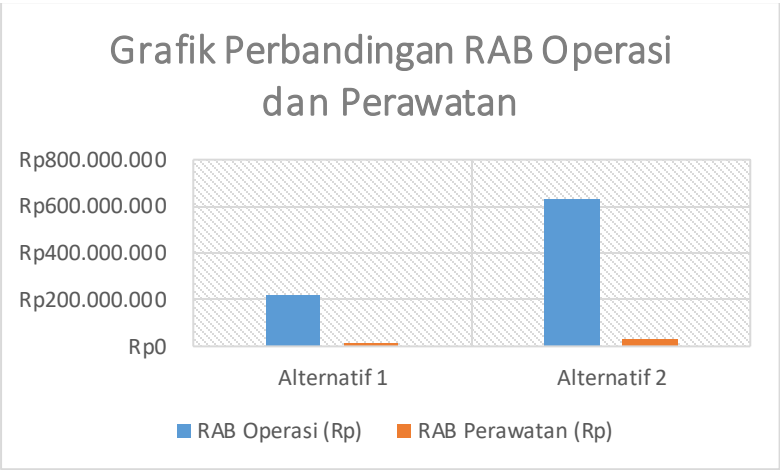
D. Rencana Anggaran Biaya Kegiatan Operasi dan Perawatan

Perbandingan RAB kegiatan operasi dan perawatan yang dibutuhkan dalam membangun masing-masing IPAL disajikan pada Tabel 4.16.

Data pada Tabel 4.16 selanjutnya di plotkan ke grafik untuk melihat sejauh apa perbedaan RAB konstruksi pada masing-masing alternatif. Grafik kebutuhan lahan disajikan pada Gambar 4.49.

Tabel 4.16 Perbandingan Efisiensi Pengolahan masing-masing alternatif

Parameter	Alternatif 1	Alternatif 2
RAB Operasi (Rp)	Rp220.227.840	Rp632.719.375
RAB Perawatan (Rp)	Rp16.500.000	Rp29.000.260



Gambar 4.48 Grafik Perbandingan RAB Konstruksi dan Perawatan Alternatif IPAL

Tidak ada perbedaan signifikan terhadap nilai RAB perawatan masing-masing alternatif. Perbedaan cukup signifikan terlihat pada nilai operasi IPAL untuk alternatif 2 yang menggunakan tangka aerasi dimana nilai RAB operasi lebih tinggi dibandingkan alternatif 1. Hal tersebut disebabkan karena pada alternatif 2 terdapat pengoperasian diffuser dan pengoperasian lebih banyak pompa dibandingkan alternatif 1. Dari perbandingan beberapa parameter tersebut dapat diringkas pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Ringkasan Perbandingan IPAL Tiap Alternatif

Parameter	Alternatif 1	Alternatif 2
Luas Lahan (m ²)	56,6	70,08
Effisiensi COD (%)	99,53	99,76
Effisiensi BOD (%)	99,71	99,88
Effisiensi TSS (%)	99,99	99,96
RAB Konstruksi (Rp)	Rp217.650.760	Rp262.109.713
RAB Operasi (Rp)	Rp220.227.840	Rp632.719.375
RAB Perawatan (Rp)	Rp16.500.000	Rp29.000.260

Berdasarkan hasil perbandingan alternatif 1 lebih unggul dari segi kebutuhan lahan yang lebih sedikit serta biaya konstruksi yang lebih rendah. Namun dari parameter yang lain tidak ada perbedaan yang terlalu signifikan.

Selain beberapa parameter yang telah disampaikan, hal lain yang dapat dijadikan pertimbangan adalah mengenai proses biologis dalam IPAL. Proses anaerobik pada alternatif 1 memiliki kelemahan yaitu waktu aklimatisasi yang lebih lama dibandingkan proses aerobik pada alternatif 2. Selain itu proses anaerobik kurang baik dalam proses penurunan nutrient yang bisa saja terdapat dalam air limbah, dimana dalam desain tidak diukur dan menjadi pertimbangan. Hal ini disebabkan karena desain IPAL bertujuan agar air limbah yang diolah memenuhi baku mutu yang ditetapkan.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan perhitungan DED diperoleh dimensi alternatif 1 untuk unit prasedimentasi (2mx2mx1,3 m), bak ekualisasi (1mx2mx1m), Pengaduk cepat (0,2mx0,2mx0,1m), pengaduk lambat (0,3mx0,9mx0,5m), Bak pembubuh PAC (diameter 0,24mx0,5m), bak pembubuh MgO (1,7mx1,7mx1m sedimentasi 2 (0,8mx1,6mx0,7m) , dan ABR-ABF (1,3mx4,2mx1,5m) , sedangkan dimensi alternatif 2 untuk unit prasedimentasi (2mx2mx1,3 m), bak ekualisasi (1mx2mx1m), Pengaduk cepat (0,2mx0,2mx0,1m), pengaduk lambat (0,3mx0,9mx0,5m), Bak pembubuh PAC (diameter 0,24mx0,5m), bak pembubuh MgO (1,7mx1,7mx1m sedimentasi 2 (0,8mx1,6mx0,7m), tangk1 aerasi (1,5mx4,5mx3m) dan sedimentasi 3 (diameter 2 m x 2,1m).
2. Rencana Anggaran Biaya IPAL alternatif 1 sebesar Rp217.650.760 sedangkan Unit IPAL alternatif 2 sebesar Rp262.109.713.

5.2 Saran

Pada Perancangan ini ada beberapa saran dari penulis agar perancangan selanjutnya mendapatkan hasil yang lebih baik. Saran tersebut diantaranya:

1. Pada perancangan selanjutnya agar dilakukan pengukuran debit effluent untuk mengetahui fluktuasi air limbah yang dihasilkan.
2. Perlu dirancang pengelolaan lumpur yang dihasilkan dari IPAL.
3. Perlu dilakukan analisa laboratorium untuk proses biologis yang akan digunakan.
4. Perancangan sebaiknya memperhitungkan nutrient yang ada pada air limbah sebelum masuk ke unit biologis sehingga diketahui apakah diperlukan penambahan nutrient atau tidak.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Alighardashi, A., M. Modanlu, S. Jamshidi, 2015. **Performance Evaluation of Anaerobic Baffled Reactor (ABR) Treating Pulp and Paper Wastewater in Start-Up Period.** *Water Practice & Tecnology*:10(1).Hlm.1-9.
- Asmadi & Suharno. 2012. **Dasar-Dasar Teknologi Pengolahan Air Limbah.**Gosyen Publishing: Yogyakarta.
- Ayuningtyas, R.D.2009. **Proses Pengolahan Limbah Cair di RSUD Dr. Moewardi Surakarta.** Laporan Khusus Program D-III Hiperkes dan Keselamatan Kerja Universitas Sebelas Maret Surakarta 2009.
- Azevedo MAD, Drelich J, Miller JD. 1999. **The effect of pH on pulping and flotation of mixed office wastepaper.** *J Pulp Pap Sci*; 25(9). Hlm.317–30.
- Bajpai P. **Treatment of pulp and paper mill effluents with anaerobic technology.** Randalls Road, Leatherhead, UK: Pira International; 2000.
- Balcioglu, A.I. & Ferhan, C. 1999. **Treatability of kraft pulp bleaching wastewater by biochemical and photocatalytic oxidation.** *Water Sci. Technol*:40(1), Hlm.281–8.
- Bodkhe, S.Y.2008. **Development of an Improved Anaerobic Filter for Munciple Watewater Treatment.** *Bioresource Technology*, 99.Hlm. 222-226.
- Dahlan, M.H. 2011. **Upaya Mengurangi Dampak Limbah Cair Pada Pabrik Pulp Menggunakan Membran Sintetis.** *Jurnal Sitesa Kemika*: 18(1). Hlm.52-55.
- Effendi, H. 2003. **Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan.** Yogyakarta : Kanisius
- Eckenfelder, WW., Patoczka, JB dan Pulliam. 1988. **Anaerobic versus aerobic treatment in the USA.** New York : Pergamon Press
- Fadly, N. A. 2008. **Daya Tampung dan Daya Dukung Sungai Ciliwung Serta Strategi pengelolaannya.** Tesis Program Studi Teknik Sipl Progra Pasca Sarjana, Universitas Indonesia 2008

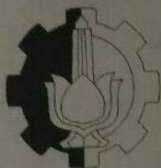
- Gubelt G, Lumpe C, Joore L. **Towards zero liquid effluents at Niederauer Muhle—the validation of two novel separation technologies.** Pap Technol (UK) 2000;41(8).Hlm.41 – 8.
- Hansen, E.; Zadura, L.; Frankowski, S. & Wachowicz, M. 1999. **Upgrading of an activated sludge plant with floating biofilm carriers at Frantschach Swiecie S.A. to meet the new demands of year 2000.** *Water Science and Technology*, Vol. 40, No. 11– 12, pp. 207– 214.
- Ince, O.; Kolukirik, M.; Cetecioglu, Z.; Eyice, O.; Tamerler, C. & Ince, B. 2007. **Methanogenic and sulfate reducing bacterial population levels in a full-scale anaerobic reactor treating pulp and paper industry wastewater using fluorescence in situ hybridization.** *Water Science and Technology*:55(10), Hlm. 183–191
- Isyuniarto, W. Usada dan A. Purwadi. 2007. **Degradasi Limbah Cair Industri Kertas Menggunakan Oksidan Ozaon dan Kapur.** Prosiding PPI-PDIPTN 2007. Hlm.55-60.
- Kasam, Yulianto, A., Sukma, T. 2005. **Penurunan COD (Chemical Oxygen Demand) dalam Limbah Cair Laboratorium Menggunakan Filter Karbon Aktif Arang Tempurung Kelapa.** *Logika*, Vol.2, No.2, Hlm:3-17
- Lettinga, G. 1995. **Anaerobic Digestion and Wastewater Treatment Systems.** Antonie van Leeuwenhoek.:67,Hlm. 3-28.
- Metcalf & Eddy. 2004. **Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th.** Singapore: Mc.Graw Hill.
- Perng, Y., E.I. Wang, S. Yu, A. Chang, C. Shih.2007. **Pilot Treatment of OCC-Based Paper Mill Wastewater Using Pulsed Electrocoagulation.***Water Qual. Res.*:42(1).Hlm.63-71.
- Pokhrel, D & Viraraghavan, T. 2004. **Treatment of pulp and paper mill wastewater – a review.** *Sci. Tot. Env.*, Vol. 333, hlm. 37-58.
- Praditya, A.2014. **Desain Alternatif Instalasi Pengolahan Air Limbah Pusat Pertokoan dengan Proses Aerobik, Anaerobik, dan Kombinasi Anaerobik dan aerobik di**

- Kota Surabaya.** Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP. ITS
- Rahmawati, A. A. & Azizah, R. 2005. **Perbedaan Kadar BOD, COD, TSS dan MPN Coliform pada Limbah, Sebelum Sesudah Pengolahan di RSUD Nganjuk.** Jurnal Kesehatan Lingkungan, Vol. 2, No.1, pp: 97-110
- Rajvaidya N & Markandey DK. 1998. **Advances in environmental science and technology: treatment of pulp and paper industrial effluent.** Ansari Road, New Delhi, India: A.P.H. Publishing;
- Rempel, W., O. Turk, J.E.G. Sikes. 1992. **Side-by-side activated sludge pilot plant investigation focusing on organochlorines.** Journal of Pulp and Paper Science: 18(3). Hlm. 77-86.
- Said, N.I. 1995. **Sistem Pengolahan Air Limbah Rumah Tangga Skala Individual Tangki Septik Filter Up Flow.** Pusat Penerapan dan Pengkajian Teknologi Lingkungan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi: Jakarta
- Said, N.I dan Firly. 2005. **Uji Performance Biofilter Anaerobic Unggun Tetap Menggunakan Media Biofilter Sarang Tawon Untuk Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Hewan .** JAL. 1(3). Hlm. 289-303.
- Salmin, 2005. **“Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator untuk Menentukan Kualitas Perairan”.** Oseana, Vol. 15, No.3, pp: 21-26
- Santi, D.N. 2004. **Pengelolaan Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit Industri Pulp dan Kertas Industri Kelapa Sawit.** Repository Universitas Sumatera Utara. Hlm 1-18.
- Saunamaki, R. 1997. **Activated sludge plants in Finland.** *Water Sci. Technol.* Vol. 35, No. 2–3, Hlm. 235– 243.
- Sawajneh, Z., A. Al-Qomari, M. Halalsheh. 2010. **Anaerobic Treatment of Strong Sewage By A Two Stage System Of AF and UASB Reactor.** *Water Science and Technology: a Journal of The International Association on Water Pollution Research.*

- Sukawati, T. 2008. **Penurunan Konsentrasi Chemical Oxygen Demand (COD) pada Air Limbah Laundry dengan Menggunakan Reaktor Biosand Biofilter Diikuti dengan Reaktor Activated Carbon**. Yogyakarta : Jurusan Teknik Lingkungan FTSP UII.
- Sumathi, S. & Hung, Y.T. (2006). **Treatment of pulp and paper mill wastes, In: Waste treatment in the process industries**. Eds: Wang, L.K, Hung, Y.T., Lo, H.H., Yapijakis, C. Hlm. 453-497.
- Thompson, G.; Swain, J.; Kay, M. & Forster, C. 2001. **The treatment of pulp and paper mill effluent: a review**. *Bioresource Technology*:77, Jlm. 275–286.
- Tilley, E., L. Ulrich, C. Luthi, P. Raymond, C. Zurbrugg. 2014. **Compendium of Sanitation Systems and Technologies : 2nd revised edition**. IWA
- US EPA. EPA office of compliance sector notebook project: profile of pulp and paper industry. Washington, DC 20460, USA: EPA/ 310-R-95-015; 1995.
- Welander, T., Lofqvist, A. , Selmer, A. 1997. **Upgrading aerated lagoons at pulp and paper mills**. *Water Sci Technol.*, Vol. 35, No. 2–3, Hlm. 117– 122.
- Welasih, Tjatoer. 2008. **Penurunan BOD dan COD Limbah Industri Kertas dengan Air Laut Sebagai Koagulan**. *Jurnal Rekayasa Perancangan*::4(4). Februari 2008.
- Wenta B & Hartmen B. **Dissolved air flotation system improves wastewater treatment at Glatfelter**. *Pulp Pap* 2002;76(3).Hlm.

LAMPIRAN

Lampiran A: Hasil Analisa Kualitas



LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KAMPUS ITS SUKOLILO SURABAYA
TELEPON (031)5948886, FAX. (031)5928387

DATA ANALISA AIR LIMBAH

Dikirim Oleh : PT. Panca Creative Paperindo
Dikirim Tanggal : 12 Maret 2016
Sampel Dari : Outlet

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu Air Limbah *)	Hasil Analisa	Metode Analisa
1	pH	-	6 - 9	7,70	pHmeter
2	TSS	mg/L	100	41.000,00	Gravimetri
3	COD	mg/L O ₂	250	45.384,00	Refluks
4	BOD	mg/L O ₂	100	8.300,00	Winkler
5	Timbal	mg/L Pb	0,1	0,560	AAS

Surabaya, 24 Maret 2016
Kepala Laboratorium Kualitas Lingkungan
Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS

Catatan :
*).PERGUB JATIM No. : 72/2013,
Tanggal : 16 Oktober 2013 : Untuk
Industri Kertas,Halus
- Laporan ini dibuat untuk cuplikan air
yang diterima laboratorium kami

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, MSc.
NIP. 195501281985032001

Halaman ini sengaja dikosongkan

Lampiran B: Hasil Penelitian Pendahuluan

Sampel : Asli $V = 5 \text{ m}^3$

Parameter	Satuan	Hasil Analisis
pH	-	7,70
TSS	mg/L	41.000,00
COD	mg/L O ₂	45.384,00
BOD	mg/L O ₂	8.300,00
Timbal	mg/L Pb	0,560

Keterangan : sampel termasuk katagori toksik, butuh pengolahan kimiawi

(I) Sampel :
Setelah diendapkan 2 jam, supernatnya :

Parameter	Satuan	Hasil Analisis
pH	-	7,25
TSS	mg/L	264,00
COD	mg/L O ₂	9.605,00
BOD	mg/L O ₂	1.900,00

% R_{TSS} = 99,5 %

% R_{COD} = 78,84 %

% R_{BOD} = 77,11 %

Keterangan : Setelah pengendapan sampel termasuk katagori toksik dan masih butuh pengolahan kimiawi

(II) Sampel :
Setelah diendapkan 2 jam, supernatnya, ditambahkan MgO dan dikoagulasi flokulasi dengan PAC

Parameter	Satuan	Hasil Analisis
pH	-	8,80
TSS	mg/L	64,00
COD	mg/L O ₂	3.300,00
BOD	mg/L O ₂	630,00

% R = 65,69 %

% R = 66,84 %

Keterangan :
Setelah diendapkan 2 jam, supernatnya, ditambahkan MgO dan dikoagulasi flokulasi dengan PAC, sampel termasuk katagori toksik dan masih butuh pengolahan kimiawi

(III) Sampel : Supernatan percobaan (II) :
Ditambahkan MgO dan dikoagulasi flokulasi dengan PAC :

Parameter	Satuan	Hasil Analisis
pH	-	9,00
TSS	mg/L	32,00
COD	mg/L O ₂	2.450,00
BOD	mg/L O ₂	460,00

% R = 25,76 %

% R = 26,98 %

Keterangan :
Setelah diendapkan 2 jam, supernatnya, ditambahkan MgO dan dikoagulasi flokulasi dengan PAC, sampel termasuk katagori toksik dan masih butuh pengolahan kimiawi

(IV) Sampel : Supernatan percobaan (II) :
Supernatan difilter dengan Kabon I :

Parameter	Satuan	Hasil Analisis
pH	-	9,00
TSS	mg/L	26,00
COD	mg/L O ₂	1.060,00
BOD	mg/L O ₂	560*

% R = 66,73 %

% R ~ 17,86

Keterangan :
Setelah supernatan difilter dengan Kabon I, sampel termasuk katagori non toksik dan butuh pengolahan biologis karena masih memenuhi baku mutu sungai klas III

(V) Sampel : Supernatan percobaan (II) :

Supernatan difilter dengan Kabon I dan II

Parameter	Satuan	Hasil Analisis
pH	-	9,00
TSS	mg/L	24,00
COD	mg/L O ₂	1.000,00
BOD	mg/L O ₂	530*

- %R = 59,18 %
- %R ≈ 13,21 %

Keterangan :

Setelah supernatan difilter dengan Kabon I dan II, sampel termasuk katagori non toksik dan butuh pengolahan biologis karena masih memenuhi baku mutu sungai klas III

(VI) Sampel : Supernatan percobaan (II) :

Supernatan setelah difilter dengan Kabon I dan II, difilter pasir aksil :

Parameter	Satuan	Hasil Analisis
pH	-	8,10
TSS	mg/L	18,00
COD	mg/L O ₂	**
BOD	mg/L O ₂	**

~~124~~ (636) > 250
~~392~~ (392) > 100

Catatan :

* dihitung dari volatile

** belum selesai analisa BOD dan COD nya

↓
nontoksik.

AmnAtG

Lampiran C: Pergub Jatim No.72 Tahun 2013



GUBERNUR JAWA TIMUR

PERATURAN GUBERNUR JAWA TIMUR NOMOR 72 TAHUN 2013

TENTANG

BAKU MUTU AIR LIMBAH BAGI INDUSTRI DAN/ATAU KEGIATAN USAHA LAINNYA

GUBERNUR JAWA TIMUR,

Menimbang : bahwa untuk melaksanakan ketentuan Pasal 22 ayat (8) Peraturan Daerah Provinsi Jawa Timur Nomor 2 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air di Provinsi Jawa Timur yang diundangkan dalam Lembaran Daerah Provinsi Jawa Timur Tahun 2008 Nomor 1 Seri E, perlu membentuk Peraturan Gubernur Jawa Timur tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya;

Mengingat : 1. Undang-Undang Nomor 2 Tahun 1950 tentang Pembentukan Provinsi Djawa Timur (Himpunan Peraturan-Peraturan Negara Tahun 1950) sebagaimana telah diubah dengan Undang-Undang Nomor 18 Tahun 1950 tentang Perubahan dalam Undang-Undang Nomor 2 Tahun 1950 (Himpunan Peraturan-Peraturan Negara Tahun 1950);

2. Undang-Undang Nomor 5 Tahun 1984 tentang Perindustrian (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1984 Nomor 22, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 3274);

3. Undang-Undang Nomor 5 Tahun 1990 tentang Konservasi Sumber Daya Alam Hayati dan Ekosistemnya (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1990 Nomor 49, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 3419);

4. Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2004 Nomor 32, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4377);

5. Undang

- Proses Semi Kimia merupakan pembuatan Pulp dengan menggunakan cairan pemasak sulfat netral tanpa pengelantangan untuk menghasilkan produk kasar lapisan dalam karton gelombang berwarna coldat.
- Proses Soda merupakan proses pembuatan Pulp yang dikalantang dengan menggunakan cairan Natrium Hydroksida yang sangat alkalis.
- Proses Deinking adalah proses pembuatan Pulp dari kertas bekas yang didaur ulang, melalui proses penghilangan tinta dengan kondisi alkali dan kadang-kadang dikalantang (diputihkan) untuk menghasilkan "ulp sekunder.

2. Industri Kertas

BAKU MUTU AIR LIMBAH UNTUK INDUSTRI KERTAS					
Jenis Produk Kertas	Volume Max (M ³ /ton)	Parameter			
		Kadar Maksimum (mg/L)			
		BOD ₅	COD	TSS	Pb ^a
- Kertas Halus	50	70	150	70	0,1
- Kertas Kasar	40	70	150	70	-
- Kertas Sigaret	80	80	70	85	-
- Kertas lain yang dikalantang	85	70	150	70	0,1
pH	6 - 9				

Catatan :

- Kertas Halus berarti kertas halus yang dikalantang seperti kertas cetak dan kertas tulis.
- Kertas Kasar berarti kertas kasar berwarna coldat seperti linarboard, kertas karton, kertas berwarna coldat atau karton.
- Kertas lain berarti kertas yang dikalantang selain yang tercantum dalam golongan kertas halus seperti kertas Koran.
- Parameter Pb khusus untuk industri yang melakukan proses deinking dalam pembuatan pulp untuk memenuhi sebagian atau seluruh kebutuhan pulpanya.

3. Industri Ethanol

BAKU MUTU AIR LIMBAH UNTUK INDUSTRI ETHANOL Volume Limbah Maksimum=15 M ³ per ton produk ethanol	
Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)
BOD ₅	100
COD	300
TSS	100
Sulfida (sbg S)	0,5
pH	6,0 - 9,0

Lampiran D: HSPK Kota Surabaya Tahun 2015

LAMPIRAN II KEPUTUSAN WALIKOTA SURABAYA

NOMOR :

TANGGAL :

HARGA SATUAN POKOK KEGIATAN (HSPK)

NOMOR	URAIAN KEGIATAN	Koef.	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp)	HARGA (Rp)
24.01.01.01	Pembuatan Bouwplank /Titik		Titik		
	Bahan/Material:				
20.01.01.28.04.05.F	Paku Blasa 2 - 5 Inchi	0.05	Doz	27,000.00	1,350.00
20.01.01.43.04.03.F	Kayu Meranti Usuk 4/6, 5/7	0.012	M3	4,500,000.00	54,000.00
20.01.01.43.04.05.F	Kayu Meranti Bekisting	0.008	M3	3,200,000.00	25,600.00
	Jumlah:				80,950.00
	Upah:				
23.02.04.01.01.F	Mandor	0.0045	Orang Hari	120,000.00	540.00
23.02.04.01.02.F	Kepala Tukang	0.01	Orang Hari	110,000.00	1,100.00
23.02.04.01.03.F	Tukang	0.1	Orang Hari	105,000.00	10,500.00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.1	Orang Hari	99,000.00	9,900.00
	Jumlah:				22,040.00
	Nilai HSPK :				102,990.00
24.01.01.02	Pengukuran dan Pemasangan Bouwplank (UITZET)		m1		
	Bahan/Material:				
20.01.01.28.04.05.F	Paku Blasa 2 - 5 Inchi	0.02	Doz	27,000.00	540.00
20.01.01.43.04.01.F	Kayu Meranti Papan 2/20, 4/10	0.007	M3	2,830,000.00	19,810.00
20.01.01.43.04.03.F	Kayu Meranti Usuk 4/6, 5/7	0.012	M3	4,500,000.00	54,000.00
	Jumlah:				74,350.00
	Upah:				
23.02.04.01.01.F	Mandor	0.005	Orang Hari	120,000.00	600.00
23.02.04.01.02.F	Kepala Tukang	0.01	Orang Hari	110,000.00	1,100.00
23.02.04.01.03.F	Tukang	0.1	Orang Hari	105,000.00	10,500.00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.1	Orang Hari	99,000.00	9,900.00
	Jumlah:				22,100.00
	Nilai HSPK :				96,450.00
24.01.01.03	Pembersihan Lapangan "Ringan" dan Perataan		m2		
	Upah:				
23.02.04.01.01.F	Mandor	0.025	Orang Hari	120,000.00	3,000.00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.05	Orang Hari	99,000.00	4,950.00
	Jumlah:				7,950.00
	Nilai HSPK :				7,950.00
24.01.01.04	Pembersihan Lapangan "Berat" dan Perataan		m2		
	Upah:				
23.02.04.01.01.F	Mandor	0.05	Orang Hari	120,000.00	6,000.00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.1	Orang Hari	99,000.00	9,900.00
	Jumlah:				15,900.00
	Nilai HSPK :				15,900.00
24.01.01.05	Uitzet Dengan WaterPass / Theodolit		m2		
	Sewa Peralatan:				
23.02.05.12.04.01.F	Sewa Theodolite	0.006666667	Hari	352,300	2,348.67
	Upah:				
23.01.01.05.04.F	Tenaga Surveyor	0.006666667	Orang Hari	142,000.00	946.67
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.013333333	Orang Hari	99,000.00	1,320.00
	Jumlah:				2,266.67
	Nilai HSPK :				4,615.33
24.01.01.06	Pembongkaran Rangka dan Penutup Atap Tidak Dipakai Kembali		m2		
	Upah:				
23.02.04.01.01.F	Mandor	0.005	Orang Hari	120,000.00	600.00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.1	Orang Hari	99,000.00	9,900.00
	Jumlah:				10,500.00
	Nilai HSPK :				10,500.00
24.01.01.07	Pembongkaran Rangka Atap dan Penutup Dipakai Kembali		m2		
	Upah:				
23.02.04.01.01.F	Mandor	0.01	Orang Hari	120,000.00	1,200.00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.2	Orang Hari	99,000.00	19,800.00
	Jumlah:				21,000.00

24.01.02.07	Penggalan Tanah Biasa untuk Konstruksi			m3		
Upah:						
23.02.04.01.01.F	Mandor	0.025	Orang Hari	120,000.00	3,000.00	
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.75	Orang Hari	99,000.00	74,250.00	
				Jumlah:	77,250.00	
				Nilai HSPK :	77,250.00	
24.01.02.08	Penggalan Tanah Keras			m3		
Upah:						
23.02.04.01.01.F	Mandor	0.032	Orang Hari	120,000.00	3,840.00	
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	1	Orang Hari	99,000.00	99,000.00	
				Jumlah:	102,840.00	
				Nilai HSPK :	102,840.00	
24.01.02.09	Galian Tanah Cadas/Rabat			m3		
Upah:						
23.02.04.01.01.F	Mandor	0.06	Orang Hari	120,000.00	7,200.00	
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	1.5	Orang Hari	99,000.00	148,500.00	
				Jumlah:	155,700.00	
				Nilai HSPK :	155,700.00	
24.01.02.10	Penggalan Tanah Lumpur			m3		
Upah:						
23.02.04.01.01.F	Mandor	0.045	Orang Hari	120,000.00	5,400.00	
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	1.2	Orang Hari	99,000.00	118,800.00	
				Jumlah:	124,200.00	
				Nilai HSPK :	124,200.00	
24.01.02.11	Penggalan Lumpur dengan Alat Berat			m3		
Upah:						
23.02.05.09.04.04.F	Sewa Peralatan:	0.074	jam	66,100.00	4,891.40	
23.02.05.11.03.02.F	Sewa Dump Truk 5 Ton	0.0528	jam	81,400.00	4,297.92	
	Sewa Bucket dan Crane / Draglin Scraper					
				Jumlah:	9,189.32	
Upah:						
23.02.04.01.01.F	Mandor	0.007	Orang Hari	120,000.00	840.00	
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.226	Orang Hari	99,000.00	22,374.00	
				Jumlah:	23,214.00	
				Nilai HSPK :	32,403.32	
24.01.02.12	Penggalan Tanah dengan Alat Berat			m3		
Upah:						
23.02.05.09.04.04.F	Sewa Peralatan:	0.067	jam	66,100.00	4,428.70	
23.02.05.11.01.01.F	Sewa Dump Truk 5 Ton	0.067	jam	132,200.00	8,857.40	
	Sewa Excavator 6m3					
				Jumlah:	13,286.10	
Upah:						
23.02.04.01.01.F	Mandor	0.007	Orang Hari	120,000.00	840.00	
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.226	Orang Hari	99,000.00	22,374.00	
				Jumlah:	23,214.00	
				Nilai HSPK :	36,500.10	
24.01.02.13	Pengurangan Tanah Kembali untuk Konstruksi			m3		
Upah:						
23.02.04.01.01.F	Mandor	0.019	Orang Hari	120,000.00	2,280.00	
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.102	Orang Hari	99,000.00	10,098.00	
				Jumlah:	12,378.00	
				Nilai HSPK :	12,378.00	
24.01.02.14	Pengurangan tanah dengan pemadatan			m3		
Upah:						
20.01.01.04.01.F	Bahan:	1.2	M3	143,500.00	172,200.00	
	Pasir Urug			Jumlah:	172,200.00	
Upah:						
23.02.05.12.01.06.F	Sewa Peralatan:	8	M3	1,100.00	8,800.00	
	Sewa Alat Bantu 1set @ 3 alat			Jumlah:	8,800.00	
Upah:						
23.02.04.01.01.F	Mandor	0.01	Orang Hari	120,000.00	1,200.00	
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.3	Orang Hari	99,000.00	29,700.00	
				Jumlah:	30,900.00	
				Nilai HSPK :	211,900.00	
24.01.02.15	Pengurangan Pasir (PADAT)			m3		
Upah:						
20.01.01.04.01.F	Bahan:	1.2	M3	143,500.00	172,200.00	
	Pasir Urug			Jumlah:	172,200.00	
Upah:						
23.02.04.01.01.F	Mandor	0.01	Orang Hari	120,000.00	1,200.00	
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.3	Orang Hari	99,000.00	29,700.00	
				Jumlah:	30,900.00	
				Nilai HSPK :	211,900.00	

23.02.04.01.03.F	Tukang	0.025	Orang Hari	105,000	2,625.00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.025	Orang Hari	99,000	2,475.00
				Jumlah:	5,440.00
				Nilai HSPK :	86,150.00
24.03.01.16	Pekerjaan Pemasangan Kabel prestressed polos/strand		kg		
Bahan:					
20.01.01.09.01.01.F	Besi Beton Polos	1.05	Kg	12,000	12,600.00
20.01.01.35.02.01.F	Kawat Ikat	0.01	Kg	23,000	55.00
				Jumlah:	12,655.00
Upah:					
23.02.04.01.01.F	Mandor	0.0003	Orang Hari	120,000	36.00
23.02.04.01.02.F	Kepala Tukang	0.0005	Orang Hari	110,000	55.00
23.02.04.01.03.F	Tukang	0.005	Orang Hari	105,000	525.00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.005	Orang Hari	99,000	495.00
				Jumlah:	1,111.00
				Nilai HSPK :	13,941.00
24.03.01.17	Pekerjaan Bekisting Sloof		m2		
Bahan:					
20.01.01.28.04.03.F	Paku Triplek/Eternit	0.3	Kg	22,000	6,600.00
20.01.01.43.04.05.F	Kayu Meranti Bekisting	0.045	M3	3,200,000	144,000.00
20.01.02.01.08.F	Minyak Bekisting	0.1	Liter	28,300	2,830.00
				Jumlah:	153,430.00
Upah:					
23.02.04.01.01.F	Mandor	0.026	Orang Hari	120,000	3,120.00
23.02.04.01.02.F	Kepala Tukang	0.026	Orang Hari	110,000	2,860.00
23.02.04.01.03.F	Tukang	0.26	Orang Hari	105,000	27,300.00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.52	Orang Hari	99,000	51,480.00
				Jumlah:	84,760.00
				Nilai HSPK :	238,190.00
24.03.01.18	Pekerjaan Bekisting Kolom		m2		
Bahan:					
20.01.01.28.04.03.F	Paku Triplek/Eternit	0.4	Kg	22,000	8,800.00
20.01.01.34.02.F	Plywood Uk. 1220x244x9 mm	0.35	Lembar	93,600	32,760.00
20.01.01.43.03.07.F	Kayu Kamper Balok 4/6, 5/7	0.015	M3	6,400,000	96,000.00
20.01.01.43.04.05.F	Kayu Meranti Bekisting	0.04	M3	3,200,000	128,000.00
20.01.02.01.08.F	Minyak Bekisting	0.2	Liter	28,300	5,660.00
				Jumlah:	271,220.00
Upah:					
23.02.04.01.01.F	Mandor	0.033	Orang Hari	120,000	3,960.00
23.02.04.01.02.F	Kepala Tukang	0.033	Orang Hari	110,000	3,630.00
23.02.04.01.03.F	Tukang	0.33	Orang Hari	105,000	34,650.00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.66	Orang Hari	99,000	65,340.00
				Jumlah:	107,580.00
				Nilai HSPK :	378,800.00
24.03.01.19	Pekerjaan Bekisting Balok		m2		
Bahan:					
20.01.01.28.04.03.F	Paku Triplek/Eternit	0.4	Kg	22,000	8,800.00
20.01.01.34.02.F	Plywood Uk. 1220x244x9 mm	0.35	Lembar	93,600	32,760.00
20.01.01.43.03.07.F	Kayu Kamper Balok 4/6, 5/7	0.018	M3	6,400,000	115,200.00
20.01.01.43.04.05.F	Kayu Meranti Bekisting	0.04	M3	3,200,000	128,000.00
20.01.02.01.08.F	Minyak Bekisting	0.2	Liter	28,300	5,660.00
				Jumlah:	290,420.00
Upah:					
23.02.04.01.01.F	Mandor	0.033	Orang Hari	120,000	3,960.00
23.02.04.01.02.F	Kepala Tukang	0.033	Orang Hari	110,000	3,630.00
23.02.04.01.03.F	Tukang	0.33	Orang Hari	105,000	34,650.00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0.66	Orang Hari	99,000	65,340.00
				Jumlah:	107,580.00
				Nilai HSPK :	398,000.00
24.03.01.20	Pekerjaan Bekisting Lantai		m2		
Bahan:					
20.01.01.28.04.03.F	Paku Triplek/Eternit	0.4	Kg	22,000	8,800.00
20.01.01.34.02.F	Plywood Uk. 1220x244x9 mm	0.35	Lembar	93,600	32,760.00
20.01.01.43.03.07.F	Kayu Kamper Balok 4/6, 5/7	0.015	M3	6,400,000	96,000.00
20.01.01.43.04.05.F	Kayu Meranti Bekisting	0.04	M3	3,200,000	128,000.00
20.01.02.01.08.F	Minyak Bekisting	0.2	Liter	28,300	5,660.00

20.01.01.02.01.F	Semen PC 40 Kg	9.6	Zak	63,000	604,800.00
20.01.01.04.04.F	Pasir Cor/Beton	0.4325	M3	232,100	100,383.25
20.01.01.05.04.01.F	Batu Pecah Mesin 1/2 cm	0.5469421053	M3	466,000	254,828.42
23.02.02.02.01.F	Air Kerja	215	Liter	27	5,805.00
	Jumlah:				965,816.67
23.02.04.01.01.F	Upah:				
23.02.04.01.02.F	Mandor	0.083	Orang Hari	120,000	9,960.00
23.02.04.01.03.F	Kepala Tukang	0.028	Orang Hari	110,000	3,080.00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	1.65	Orang Hari	99,000	163,350.00
	Jumlah:				176,390.00
	Nilai HSPK :				1,142,206.67
24.03.01.09	Pekerjaan Beton K-275		m3		
20.01.01.02.01.F	Bahan:				
20.01.01.04.04.F	Semen PC 40 Kg	10.15	Zak	63,000	639,450.00
20.01.01.05.04.01.F	Pasir Cor/Beton	0.4275	M3	232,100	99,222.75
20.01.01.05.04.01.F	Batu Pecah Mesin 1/2 cm	0.54	M3	466,000	251,640.00
23.02.02.02.01.F	Air Kerja	215	Liter	27	5,805.00
	Jumlah:				996,117.75
23.02.04.01.01.F	Upah:				
23.02.04.01.02.F	Mandor	0.083	Orang Hari	120,000	9,960.00
23.02.04.01.03.F	Kepala Tukang	0.028	Orang Hari	110,000	3,080.00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	1.65	Orang Hari	99,000	163,350.00
	Jumlah:				205,265.00
	Nilai HSPK :				1,201,382.75
24.03.01.10	Pekerjaan Beton K-300		m3		
20.01.01.02.01.F	Bahan:				
20.01.01.04.04.F	Semen PC 40 Kg	10.325	Zak	63,000	650,475.00
20.01.01.05.04.01.F	Pasir Cor/Beton	0.425625	M3	232,100	98,787.56
20.01.01.05.04.01.F	Batu Pecah Mesin 1/2 cm	0.5373684211	M3	466,000	250,413.68
23.02.02.02.01.F	Air Kerja	215	Liter	27	5,805.00
	Jumlah:				1,005,481.25
23.02.04.01.01.F	Upah:				
23.02.04.01.02.F	Mandor	0.083	Orang Hari	120,000	9,960.00
23.02.04.01.03.F	Kepala Tukang	0.028	Orang Hari	110,000	3,080.00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	1.65	Orang Hari	99,000	163,350.00
	Jumlah:				205,265.00
	Nilai HSPK :				1,210,746.25
24.03.01.11	Pekerjaan Beton K-325		m3		
20.01.01.02.01.F	Bahan:				
20.01.01.04.04.F	Semen PC 40 Kg	10.975	Zak	63,000	691,425.00
20.01.01.05.04.01.F	Pasir Cor/Beton	0.41875	M3	232,100	97,151.88
20.01.01.05.04.01.F	Batu Pecah Mesin 1/2 cm	0.5294736842	M3	466,000	246,734.74
23.02.02.02.01.F	Air Kerja	215	Liter	27	5,805.00
	Jumlah:				1,041,156.61
23.02.04.01.01.F	Upah:				
23.02.04.01.02.F	Mandor	0.105	Orang Hari	120,000	12,600.00
23.02.04.01.03.F	Kepala Tukang	0.035	Orang Hari	110,000	3,850.00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	2.1	Orang Hari	99,000	163,350.00
	Jumlah:				269,800.00
	Nilai HSPK :				1,302,256.61
24.03.01.12	Pekerjaan Beton K-350		m3		
20.01.01.02.01.F	Bahan:				
20.01.01.04.04.F	Semen PC 40 Kg	11.2	Zak	63,000	705,600.00
20.01.01.05.04.01.F	Pasir Cor/Beton	0.416875	M3	232,100	96,756.69
20.01.01.05.04.01.F	Batu Pecah Mesin 1/2 cm	0.5263157895	M3	466,000	245,263.16
23.02.02.02.01.F	Air Kerja	215	Liter	27	5,805.00
	Jumlah:				1,053,424.85
23.02.04.01.01.F	Upah:				
23.02.04.01.02.F	Mandor	0.105	Orang Hari	120,000	12,600.00
23.02.04.01.03.F	Kepala Tukang	0.035	Orang Hari	110,000	3,850.00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	2.1	Orang Hari	99,000	163,350.00
	Jumlah:				269,800.00
	Nilai HSPK :				1,314,524.85

Lampiran E: Filter Press

FPM Specifications (Open Construction)




MODEL	Number of plates	Number of chambers	Length mm (A)	Width mm (B)	Height mm (C)	Weight empty (kg)	Weight loaded (kg)	Total filter area (m²)	FP total cake volume (l)	Plates and fabric size
FPM 47/	5	4	1.300	1.120	1.270	630	680	1,4	19	470
	10	9	1.560	1.120	1.270	660	750	3,2	43	470
	15	14	1.820	1.120	1.270	690	820	5,0	67	470
	20	19	2.110	1.120	1.270	720	890	6,8	91	470
	25	24	2.340	1.120	1.270	750	960	8,6	115	470
	30	29	2.630	1.120	1.270	780	1.030	10,4	139	470
	35	34	2.890	1.120	1.270	810	1.100	12,2	164	470
	40	39	3.150	1.120	1.270	840	1.170	14,0	188	470
	45	44	3.410	1.120	1.270	870	1.240	16,8	212	470
	50	49	3.670	1.120	1.270	900	1.310	17,6	236	470
	55	54	3.930	1.120	1.270	930	1.380	19,4	260	470
	60	59	4.190	1.120	1.270	960	1.450	21,2	284	470
Pump flow (cm³/cycle):25 Tank volume (l): 5 Calculated for cake thickness: 30 mm										
FPM 63/	5	4	1.360	1.464	1.430	1.140	1.205	2,6	38	630
	10	9	1.635	1.464	1.430	1.260	1.315	5,9	85	630
	15	14	1.930	1.464	1.430	1.380	1.500	9,1	132	630
	20	19	2.310	1.464	1.430	1.500	1.685	12,4	179	630
	25	24	2.495	1.464	1.430	1.620	1.870	15,6	226	630
	30	29	2.780	1.464	1.430	1.740	2.055	18,9	273	630
	35	34	3.060	1.464	1.430	1.860	2.240	22,1	321	630
	40	39	3.350	1.464	1.430	1.980	2.425	25,4	368	630
	45	44	3.635	1.464	1.430	2.100	2.610	28,6	415	630
	50	49	3.920	1.464	1.430	2.220	2.795	31,9	462	630
	55	54	4.210	1.464	1.430	2.340	2.980	35,1	509	630
	60	59	4.490	1.464	1.430	2.460	3.165	38,4	556	630
Pump flow (cm³/cycle):25 Tank volume (l): 5 Calculated for cake thickness: 32 mm										
FPM 80/	10	9	1.930	1.509	1.600	1.650	1.750	9,8	144	800
	15	14	2.240	1.509	1.600	1.770	1.920	15,3	224	800
	20	19	2.550	1.509	1.600	1.890	2.090	20,7	305	800
	25	24	2.860	1.509	1.600	2.100	2.350	26,2	385	800
	30	29	3.170	1.509	1.600	2.250	2.550	31,6	465	800
	35	34	3.486	1.509	1.600	2.370	2.720	37,1	545	800
	40	39	3.795	1.509	1.600	2.490	2.840	42,5	625	800
	45	44	4.105	1.509	1.600	2.610	3.010	48,0	705	800
	50	49	4.415	1.509	1.600	2.750	3.200	53,4	785	800
	55	54	4.725	1.509	1.600	2.870	3.370	58,4	866	800
	60	59	5.035	1.509	1.600	3.100	3.600	64,3	946	800
Pump flow (cm³/cycle):25 Tank volume (l): 15 Calculated for cake thickness: 32 mm										
Frame: Material ST-52/A151-304, Finish: Epoxy Paint Operation: Handle lever										

NOTE:


- (1) The FPM is supplied with side shields.
- (2) The FPM is supplied with filtrate collection channel and handles.
- (3) The dimensions and specifications may vary slightly due to the normal development of products by the engineering department or Toro Equipment SL. When ordering request the specifications sheet at www.toroequipment.com

Halaman Sengaja Dikosongkan

Lampiran F: Pompa

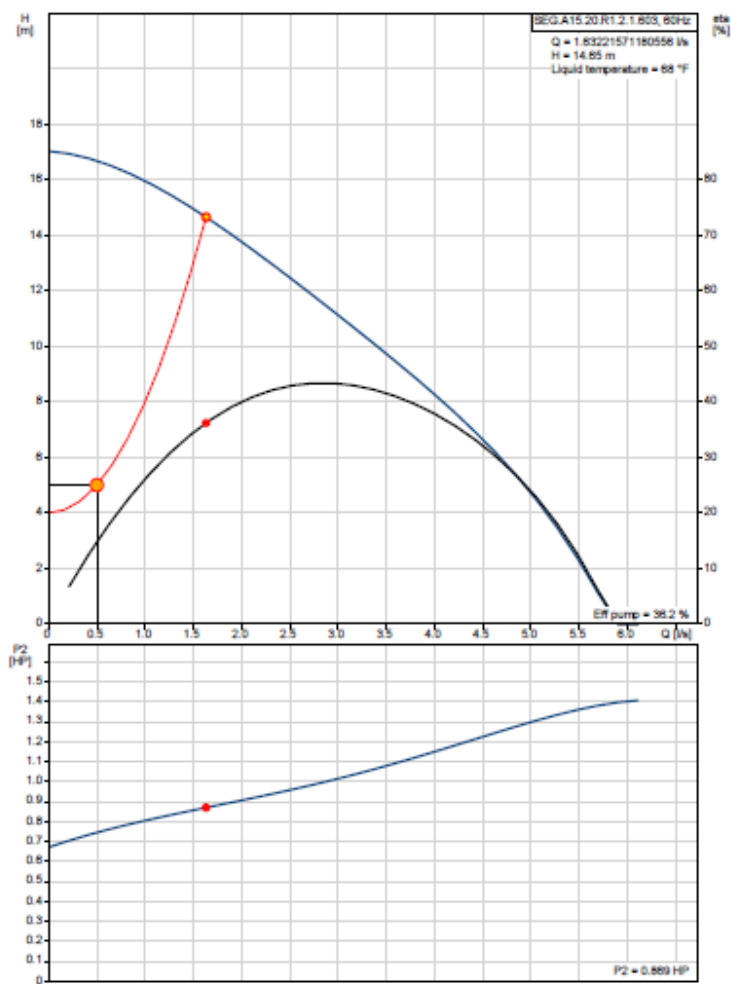


Company name:
Created by:
Phone:
Date: 10/11/2016

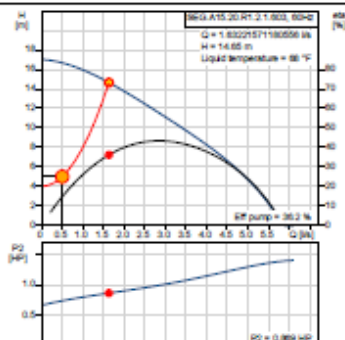
Position	Count	Description
	1	<div> <div> 8EQ.A16.20.R1.2.1.803  <div> Product photo could vary from the actual product </div> </div> <div> Product No.: 98682359 </div> <p>Grundfos 8EQ pumps are submersible pumps with horizontal discharge port, specifically designed for pressurized pumping of wastewater with discharge from toilets.</p> <p>The 8EQ pumps are equipped with a grinder system, grinding destructible solids into small pieces so that they can be led away through pipes of a relatively small diameter.</p> <p>The surface of the pump is smooth to prevent dirt and impurities from sticking to the pump.</p> <p>The pump is primarily made of cast iron. The clamp securing the motor to the pump housing is made of stainless steel to prevent corrosion and allow for ease of service of the pump.</p> <p>The power cable of the pump also incorporates wires for the thermal sensors in the motor winding. The cable connection is a plug solution. The totally sealed plug connection prevents moisture from entering the pump through the cable in case of cable breakage or adverse and/or careless handling of the pump cable.</p> <p>The pump must be connected to a control box or a controller.</p> <p>The pump has been tested by CSA.</p> <div> <div>Controls:</div> <div> Moisture sensor: with moisture sensors AUTOADAPT: NO </div> </div> <div> <div>Liquid:</div> <div> Pumped liquid: Water Liquid temperature range: 32 .. 104 °F Liquid temp: 68 °F Density: 62.4 lb/ft³ Kinematic viscosity: 1 cSt </div> </div> <div> <div>Technical:</div> <div> Actual calculated flow: 1.68153889973958 l/s Resulting head of the pump: 14.55 m Type of impeller: Grinder System Primary shaft seal: SIC/SIC Secondary shaft seal: LIPSEAL Approvals on nameplate: PA-I Curve tolerance: ANSI/H11.6:2012 3B2 </div> </div> <div> <div>Materials:</div> <div> Pump housing: Cast iron EN1561 EN-GJL-200 ASTM A48 30B Impeller: Cast iron EN1561 EN-GJL-200 ASTM A48 30B </div> </div> </div>

Position	Count	Description
		Installation: Maximum ambient temperature: 104 °F Maximum operating pressure: 87 psi Flange standard: ANSI Pipework connection: 1 1/2" / 2" Size of discharge port: 1 1/2 inch Pressure stage: PN 10 Maximum installation depth: 32.81 ft Auto-coupling: 98245788 Electrical data: C run: 30 µF C start: 150 µF Power input - P1: 1.6 kW Rated power - P2: 1.609 HP Main frequency: 60 Hz Rated voltage: 1 x 208-230 V Voltage tolerance: +6/-10 % Max starts per. hour: 30 Rated current: 9-8 A Starting current: 48 A Rated current at no load: 7.2 A Cos phi - power factor: 0.91 Cos phi - p.f. at 3/4 load: 0.82 Cos phi - p.f. at 1/2 load: 0.8 Rated speed: 3450 rpm Moment of inertia: 0.047 lb ft² Motor efficiency at full load: 0.74 % Motor efficiency at 3/4 load: 0.73 % Motor efficiency at 1/2 load: 0.66 % Capacitor size - run: 30 µF Capacitor size - start: 150 µF Number of poles: 2 Start. method: direct-on-line Enclosure class (IEC 34-5): IP68 Insulation class (IEC 85): F Explosion proof: no Length of cable: 33 ft Cable type: GEOW 600V Type of cable plug: NO PLUG Others: Net weight: 106 lb

98682359 SEG.A15.20.R1.2.1.603 60 Hz



Description	Value
General information:	
Product name:	SEGA A15.20.R1.2.1.803
Product No.:	9862359
EAN:	571149540353
Technical:	
Actual calculated flow:	1.6815386973958 m³/s
Max flow:	6.111111111111111 m³/s
Resulting head of the pump:	14.55 m
Head max:	17 m
Type of impeller:	Grinder System
Primary shaft seal:	SIC/SIC
Secondary shaft seal:	LIPSEAL
Approvals on nameplate:	PA-I
Curve tolerance:	ANSI H11.8.2012 3B2
Materials:	
Pump housing:	Cast Iron
	EN1561 EN-GJL-200
	ASTM A48 30B
Impeller:	Cast Iron
	EN1561 EN-GJL-200
	ASTM A48 30B
Installation:	
Maximum ambient temperature:	104 °F
Maximum operating pressure:	87 psi
Flange standard:	ANSI
Pipework connection:	1 1/2" / 2"
Size of discharge port:	1 1/2 inch
Pressure stage:	PN 10
Maximum installation depth:	32 ft 8
Inst dry/wet:	SUBMERGED
Auto-coupling:	98245788
Liquid:	
Pumped liquid:	Water
Liquid temperature range:	32 .. 104 °F
Liquid temp:	68 °F
Density:	62.4 lb/ft³
Kinematic viscosity:	1 cSt
Electrical data:	
C run:	30 mF
C start:	150 mF
Power input - P1:	1.6 kW
Rated power - P2:	1.609 HP
Main frequency:	60 Hz
Rated voltage:	1 x 208-230 V
Voltage tolerance:	+6/-10 %
Max starts per. hour:	30
Rated current:	9-8 A
Starting current:	48 A
Rated current at no load:	7.2 A
Cos phi - power factor:	0,91
Cos phi - p.f. at 3/4 load:	0,82
Cos phi - p.f. at 1/2 load:	0,8
Rated speed:	3450 rpm
Moment of inertia:	0.047 lb ft²





Company name:

Created by:

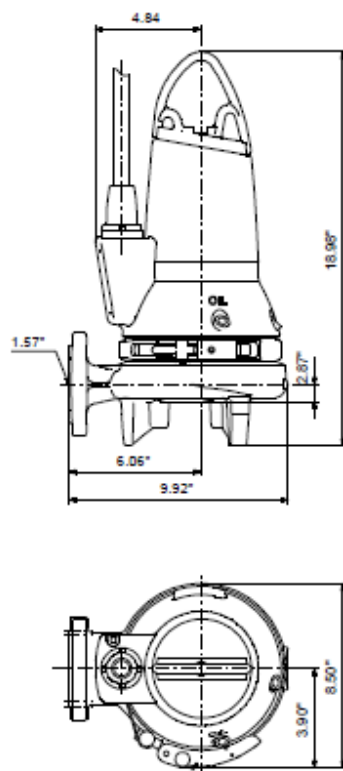
Phone:

Date:

10/11/2016

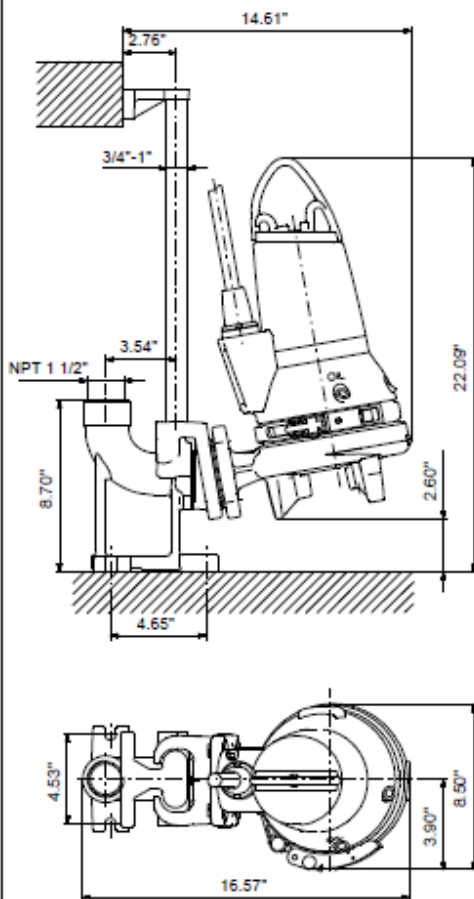
Description	Value
Motor efficiency at full load:	0.74 %
Motor efficiency at 3/4 load:	0.73 %
Motor efficiency at 1/2 load:	0.66 %
Capacitor size - run:	30 µF
Capacitor size - start:	150 µF
Number of poles:	2
Start, method:	direct-on-line
Enclosure class (IEC 34-5):	IP68
Insulation class (IEC 85):	F
Explosion proof:	no
Motor protection:	THERMAL SWITCH
Thermal protec:	external
Length of cable:	33 ft
Cable type:	SEDOOW 600V
Type of cable plug:	NO PLUG
Controls:	
Control box:	not included
Additional IQ:	External
Moisture sensor:	with moisture sensors
AUTOADAPT:	NO
Others:	
Net weight:	106 lb
Sales region:	Namreg

98682359 SEG.A15.20.R1.2.1.603 60 Hz



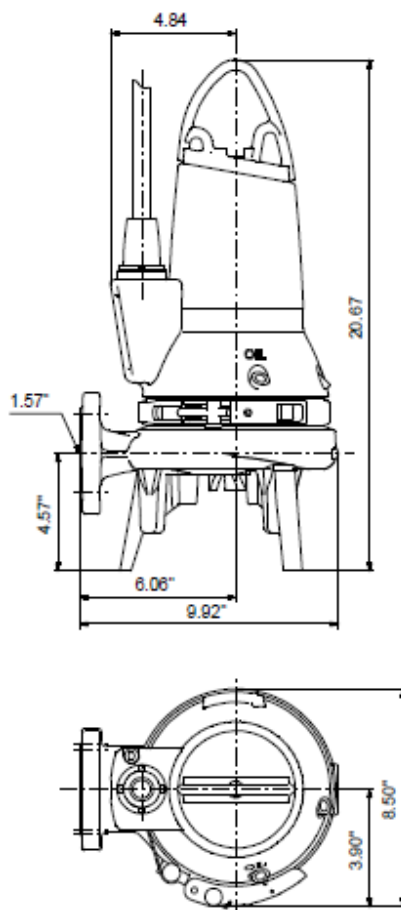
Note! All units are in [mm] unless otherwise stated.
Disclaimer: This simplified dimensional drawing does not show all details.

98682359 SEG.A15.20.R1.2.1.603 60 Hz



Note! All units are in [mm] unless otherwise stated.
Disclaimer: This simplified dimensional drawing does not show all details.

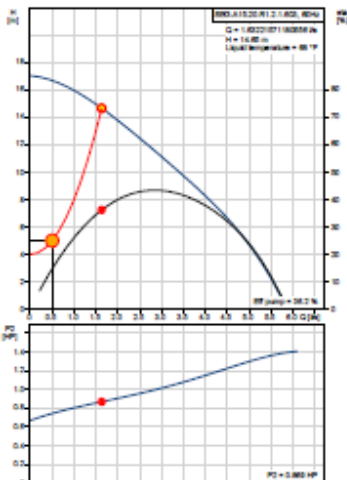
98682359 SEG.A15.20.R1.2.1.603 60 Hz



Note! All units are in [mm] unless otherwise stated.
Disclaimer: This simplified dimensional drawing does not show all details.

98682359 SEG.A15.20.R1.2.1.603 60 Hz

Input		Sizing result	
General		Type SEG.A15.20.R1.2.1.603	
Application	Wastewater	Flow	1.68153889073056 l/s (+226%)
Application area	Municipal wastewater	H geodetic	4 m
Application type	Sewage	H total	14.55 m (+193%)
Installation	Submersible pump with autocoupling system	Flow total	475560 gal/year
Total number of pumps	1	Max starts per hour	30
Discharge flow (Q)	0.5 l/s	Power P1	0.835 kW
Geodetic head	4 m	Power P2	0.874 HP
Viscosity	1 cSt	NPSH required	10 m
Density	62.4 lb/ft³	Eff pump	36.8 %
Pipe friction losses	1 m	Eff motor	78.0 %
Prefer fast delivery	No	Eff pump+motor	28.7 % = Eff pump * Eff motor
Your requirements		Eff total	28.7 % = Eff relative to the duty point
Speed regulation	No	Best eff pump	43.4 % = Eff in best efficiency point
Allowed undersize	5 %	Best eff pump+motor	33.8 % = Eff in best efficiency point
Liquid temp. <= 104 °F	Yes	Norm. Motor Speed	3450 rpm
No of duty points	1	Consumption	255 kWh/Year
Cooling jacket required	No	Price	On request
Select type of hydraulic		Total costs	On request /10Years
Dry solids content	0 - 3%	Life cycle cost	\$ 2186 /10Years
Grinder	Yes		
Channel impeller	Yes		
Vortex impeller	Yes		
S-tube	Yes		
Select type of material			
Complete cast iron	Yes		
Cast iron with stainless steel impeller	No		
Cast iron motor with stainless steel pump housing and impeller	No		
Complete stainless steel	No		
Select type of motor			
	Standard motor		
Edit load profile			
Load profile	Full load		
Period	Day		
Operating Hours per Day	2.74 h/day		
Operational conditions			
Frequency	60 Hz		
Phase	1 or 3		
HIT list settings			
Energy price	0.12 \$/kWh		
Increase of energy price	6 %		
Calculation period	10 years		
Load profile			
Flow	1	%	
Head	100	%	
P1	0.831	kW	
Eff total	28.2	%	
Time	1000	h/a	
Consumption	255	kWh/Year	
Quantity	1		

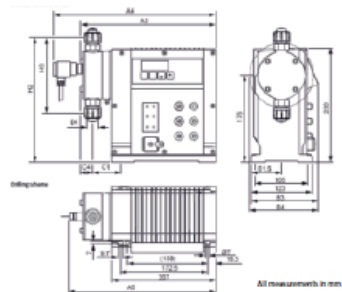


Halaman ini sengaja dikosongkan

Lampiran G: Dossing Pump

DOI 222 • 19

DDI 222 Dimensional Data



All measurements in mm

Double Diaphragm System



										Version for high-viscosity liquids (HV)				
DGI Models	A3	A4	B3	B4	C1	C4	D1	H2	H2	C1	C4	D1	H2	H2
222-600	272	326	137	-	58	26	GN*	252	153	90	39	GIN*	246	343
222-5000	315	372	137	139	90	39	GIN*	265	179	90	39	GIN*	265	179

DDI 222 Technical Data


Input of the diving capacity	Digital - by regulation of the diving stroke speed Adjustment range: from 0.2X to 300% of the maximum diving capacity			
Aiming	Diving time ≤ 1.10 s, latency ≤ 1.10 s ± 1.40 g, locked according to ISO 10651-03:03 1.5 g (peak) (200 Hz) ± 1.0 s (200 Hz) 1.31 Hz			
Max. surface height, possibility	DSD model			
Max. velocity (off sensor) of opening temperature	222 4400	Normal operation 700 m/s 500 m/s	Slow Mode 1 3500 m/s 400 m/s	Slow Mode 2 3500 m/s 200 m/s
Max. acceleration pressure	2 bar on the suction side			
Max. backpressure	1 bar (pressure difference with the suction side)			
Max. temperature	max. ambient and opening temperature $\leq 60^{\circ}\text{C}$ storage temperature 10°C to 50°C			
Power supply	AC 110 - 230 V, 50/60 Hz, power consumption 50 W (including all sensors)			
Protection	IP 65			
Weight	DSD model 222 4400	PVC, PP, PPS, 1.5 kg / stainless steel, 1.7 kg		
	DSD model 222 1000	DSD model 222 1000		

DDI 222 Flow Capacities

NORMAL OPERATION				SLOW MODE STEP 1				SLOW MODE STEP 2				Voltage (V _{bat})	DCR MODE
Q [Hz]	Power [dBm]	Q [VGS/Hz]	Power [dBm]	Q [Hz]	Power [dBm]	Q [VGS/Hz]	Power [dBm]	Q [Hz]	Power [dBm]	Q [VGS/Hz]	Power [dBm]		
60	10	15.40	14%	60	10	10.50	14%	24.7	10	6.57	14%	6.63	232-600
150	4	35.64	14	100	4	26.45	14	6.7	4	16.83	14	13.9	232-500

Halaman ini sengaja dikosongkan

Lampiran H: Bahan Kimia Poly Aluminium Chloride


TAKI CHEMICAL CO., LTD.

[Site Map](#) | [Contact](#) | [Japanese](#)

[Home](#) | [Company Information](#) | [Business Information](#) | [Research and Development](#)

Chemicals Business



[Water Treatment Chemicals](#)

[Functional Materials](#)

[Home](#) > [Business Information](#) > [Chemicals Business](#) > [Water Treatment Chemicals](#) > Poly Aluminum Chloride (PAC)

II Water Treatment Chemicals


Poly Aluminum Chloride (PAC)

Product Name	Poly Aluminum Chloride (PAC)	
General Formula	$[Al_2(OH)_nCl_{3-n}]_m$ (1≤n≤5, m≤10)	
Brands	PAC250A PAC300A Liquid	PAC250AD Powder
Specific Gravity	1.2 (20°C)	-
Concentration	10.0-10.6% as Al_2O_3	Minimum 30% as Al_2O_3
Package	Liquid : Tank Truck or 20kg net bag-in-box 	
	Powder : 20kg net polyethylene bag 	
Standard	JIS K1475-1996 (Liquid) JWWA K154 (Liquid)	
Main Application	Drinking Water Treatment, Industrial Water Treatment, Urban Sewage Treatment, Effluent Treatment from Civil Engineering Works, Industrial Waste Water Treatment, Coagulation in Production Process, Organic Sludge Filtration and Dehydration	

[PageTop](#)



Halaman ini sengaja dikosongkan


Lampiran I: Bahan Kimia Magnesium Oxyde


SHARAD ENTERPRISES
ISO 9001:2008 Certified
Govt. of India Recognized Export House

Taking India to the world...

[Home](#) | [About Us](#) | [Product Range](#) | [Contact Us](#) | [Enquiry](#)

Follow us on :





With wide and rich industrial experience
we are able to offer excellent quality of Magnesium Oxide...

Product Range

- » Abrasives
 - » Magnesium Oxide
 - Magnesium Oxide powder
 - Yellowish Magnesium Oxide
 - Magnesium Oxide – Feed Grade
 - White Magnesium Oxide
 - Crystalline Magnesium Oxide
 - Lightly Calcined Magnesium Oxide
 - Calcined Magnesite
 - Magnesium Chloride Flakes
 - Magnesium Chloride Solid
 - Magnesium Sulphate
- » Chemicals
- » Food Processing Machinery
- » Agricultural Products and Spices
- » Hardware
- » Engineering Products
- » Minerals
- » Weighing Scales
- » Agriculture Implements


Home » Magnesium Oxide

Magnesium Oxide

With wide and rich industrial experience we are able to offer excellent quality of Magnesium Oxide, which is also termed as Magnesia. It is a white solid mineral, which is a source of magnesium and it occurs commonly as periclase. Its chemical formula is MgO. These are formed by a bond of one atom of each magnesium and oxygen. It is also hygroscopic so should be protected from water or moisture. Magnesium oxide finds application in industries below:

Magnesium Oxide Powder

We are involved in offering Magnesium Oxide 90%, a white solid mineral which is the most cost effective grade. This is a magnesium source that naturally occurs as periclase. It finds application in food, feed, paint, ceramic and other such industries. The chemical has the appearance of white powder. It is packed properly to avoid any kind of damage and reaction. We offer them as per the industrial standards.



÷ Ask for Price ÷

Specification :

MgO	%	90.00
CaO	%	1.10% Max
Fe ₂ O ₃	%	0.20% Max
Al ₂ O ₃	%	0.20% Max
LOI	%	2.35% Max

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIODATA PENULIS



Penulis, Mohammad Rosidi atau akrab disapa Rosidi ini lahir di Kota Sampang pada 10 Oktober 1994. Penulis merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Penulis telah menyelesaikan jenjang pendidikannya di TK. Tunas Mekar Surabaya, SDN Pangongseyan 1 Sampang, SMPN 38 Surabaya, SMAN 6 Surabaya, dan sekarang sedang menempuh kuliah di Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS masuk Tahun 2013 dengan Nomor Registrasi Mahasiswa 3313100057.

Dalam masa perkuliahan penulis aktif di berbagai kegiatan kemahasiswaan sebagai Kadiv Syiar LDJ Al-Kaun (2014-2015), Anggota Aktif Al-Kahfi (2012-Sekarang) dan staf pengajar Yayasan Hidayah Umat (2013-Sekarang). Penulis juga aktif bekerja sebagai guru privat sejak 2011-sekarang. Serta pernah bekerja sebagai staf konsultan proyek air minum di Halmahera Utara. Penulis juga pernah melaksanakan kerja praktek di PT. KTI Probolinggo selama 1 bulan guna menerapkan ilmu tentang pengolahan air limbah yang pernah diperoleh di bangku kuliah.

Sebagai penutup, penulis mengharapkan saran dan masukan dari pembaca guna kebaikan bagi penulis. Penulis dapat dihubungi melalui email moh.rosidi@hotmail.com.

Halaman ini sengaja dikosongkan



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

FORM KTA-02

BERITA ACARA
SEMINAR KEMAJUAN TUGAS AKHIR
Semester Gasal 2016/2017

Pada
Hari, tanggal : Jumat, 25 November 2016
Jam : 08.00 - 09.30
Tempat : TL 103

telah dilaksanakan Seminar Kemajuan Tugas Akhir
Judul Tugas Akhir : Perencanaan IPAL Pabrik Kertas Hulus PT. X Sidoarjo

Nama Mahasiswa : MOH. ROSIDI
NRP. : 3313100057
Program Studi : S-1 Teknik Lingkungan
Bidang Tugas Akhir : Perencanaan / Penelitian / Studi Pustaka *
Tanda Tangan :

TOEFL = 450-480

Berdasarkan hasil evaluasi penguji, dinyatakan bahwa proposal tersebut :

1. dapat mengikuti ujian Tugas Akhir
2. tidak dapat mengikuti ujian Tugas Akhir

Saran-saran perbaikan :

M.A.M. 2. Lihat coretan pd. draft TA. ¹⁵ 9/11
25/11 2. Lihat Bab 4, Kenapa menggunakan pengendap 25/11
& manfaat MgO
- Skala
- Perbaikan lihat pada draft 25/11
- Alternatif pindah ke Bab 4

Pembimbing.

Dr. Ir. Mohammad Razif, MM

Tim Penguji :

	Nama	(Tanda Tangan)
1.	Prof. Nisak K.	
2.	Ir. H.A. Mardiyanto M.E. P.D.	
3.	Akhm Purnomo S.T. MT	

* Coret yang tidak perlu

Halaman ini sengaja dikosongkan



KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : *Wah. Dedi*
NRP : *3313100057*
Judul Tugas Akhir : *Perencanaan IAL Dabulu Kantor Hutan PT. X Sidarejo*

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1.	14/10/2016	Perhitungan rlni alternatif 1	<i>[Signature]</i>
2.	21/10/2016	Perhitungan rlni alternatif 2	<i>[Signature]</i>
3.	11/11/2016	Gambar detail	<i>[Signature]</i>
4.	15/11/2016	Perhitungan profil hidroliis	<i>[Signature]</i>
5.	21/11/2016	Perbaikan gambar detail	<i>[Signature]</i>
6.	13/12/2016	Perbaikan gambar detail	<i>[Signature]</i>
7.	20/12/2016	Perhitungan RAB	<i>[Signature]</i>
8.	23/12/2016	Perbaikan penulisan Alternatif	<i>[Signature]</i>

Surabaya,
Dosen Pembimbing

[Signature]

Halaman ini sengaja dikosongkan